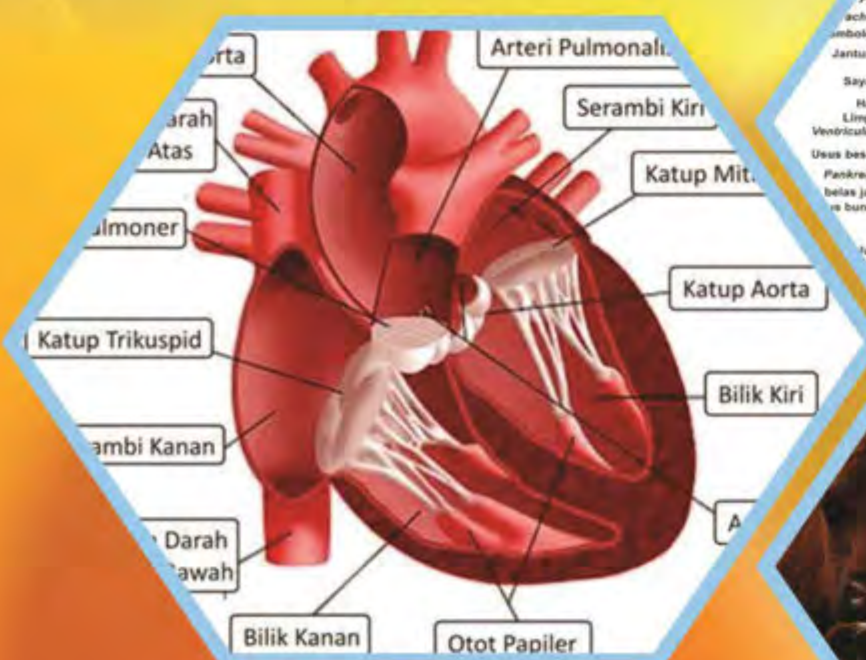
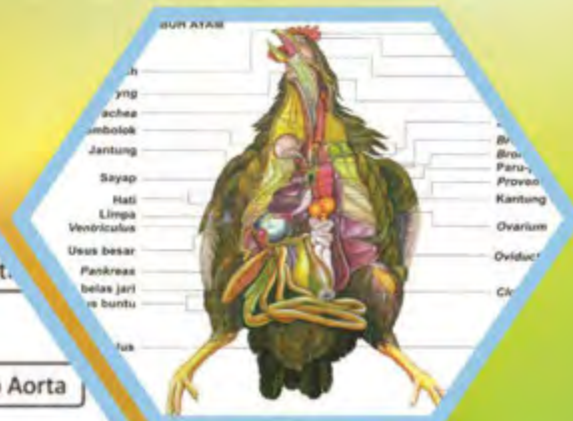
Buku Teks Bahan Ajar Siswa

KURIKULUM 2013

Paket Keahlian: Kesehatan hewan

Fisiologi Hewan







Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KELAS
X
SEMESTER 1

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

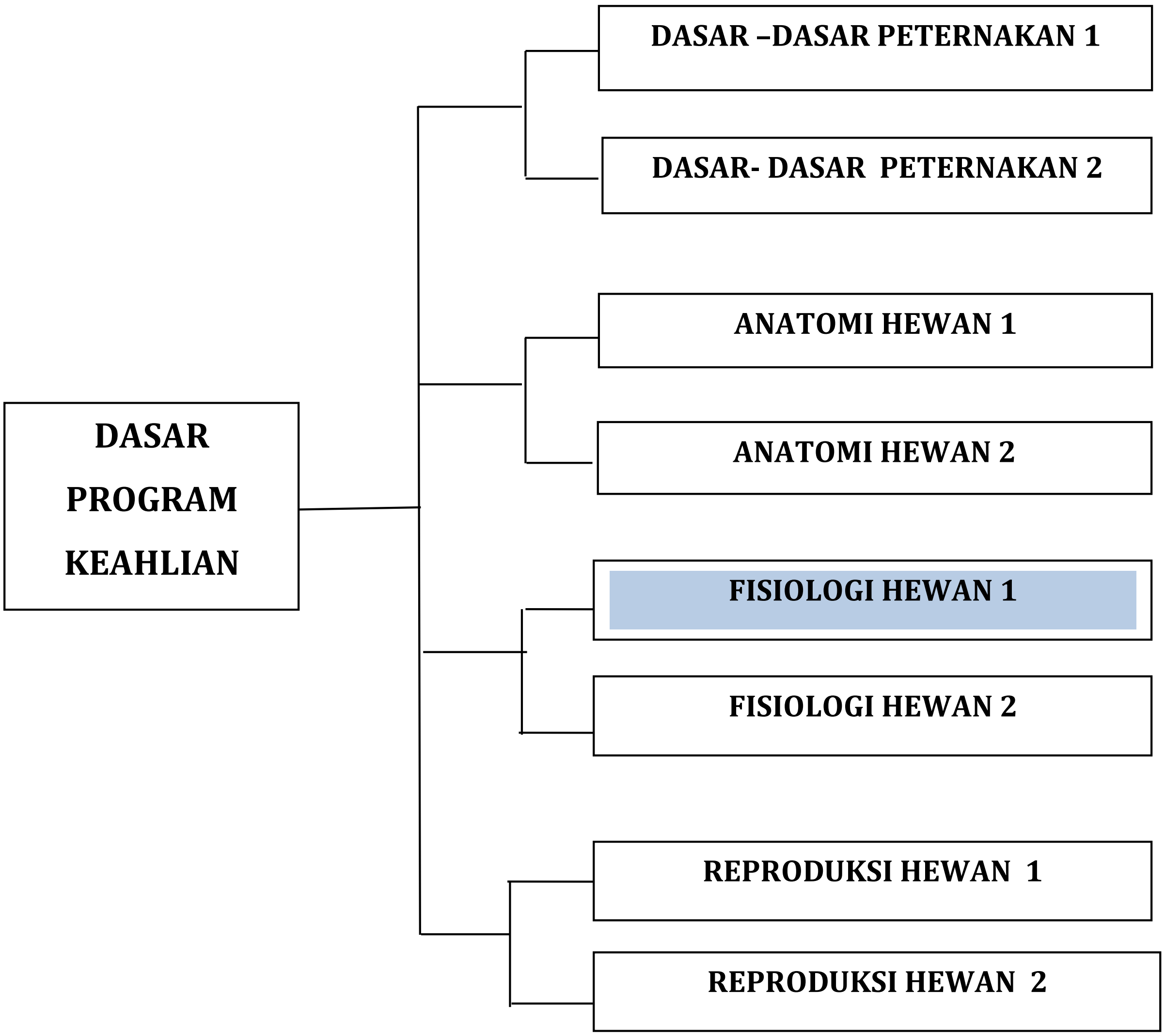
Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045)

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR



GLOSARIUM

Absorbsi		Suatu proses pengambilan dan penyerapan zat-zat nutrisi oleh permukaan kulit, permukaan mucus dan pembuluh darah
Adrenalin	:	Hormon yang disekresikan oleh medulla kelenjar adrenal
Akson	:	Sebuah ekstension panjang dari neuron yang membawa impuls saraf dari sel tubuh
Alveolus	:	Suatu rongga kecil dari paru-paru
Amilase	:	Enzim yang membagi karbohidrat seperti pati dan glikogen menjadi monosakarida seperti glukosa
Anabolisme	:	Suatu proses metabolisme yang membuat senyawa/molekul yang berasal dari molekul lebih sederhana
Anemia	:	Suatu kondisi yang melibatkan rendahnya jumlah sel darah merah atau hemoglobin
Antibodi	:	Protein yang dibentuk sebagi tanggapan terhadap molekul yang disebut antigen dasar untuk respon immune
Antikoagulan	:	Substansi yang mencegah pembekuan darah
Arteri	:	Pembuluh darah yang membawa darah dari jantung
Arteriol	:	Pembuluh darah yang sangat kecil, hampir mikroskopis
Asam amino	:	Molekul yang mengandung nitrogen yang merupakan unsur dari protein
Asidosis	:	Suatu kondisi dimana konsentrasi ion karbonat turun dibawah konsentrasi normal
Atrium	:	Salah satu dari ruang jantung
Basofil	:	Sel darah putih dengan butiran di sitoplasma
Cairan Serebrospinal	:	Cairan yang beredar disekitar dan di dalam sumsum tulang belakang dan otak
Darah	:	Cairan yang beredar dalam pembuluh darah
Dehidrasi	:	Hilangnya air dari tubuh atau bagian-bagiannya secara berlebihan

Dendrit	:	Bagian sel syaraf yang membawa impuls syaraf menuju sel tubuh
Diabetes mellitus	:	Kondisi yang disebabkan oleh sekresi insulin. Jumlah ekskresi meningkatkan glukosa darah
Efektor	:	Otot atau kelenjar yang merespon terhadap impuls syaraf
Enzim	:	Suatu substansi yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia
Eosinofil	:	Sel darah putih dengan butiran didalam sitoplasmanya
Eritrosit	:	Sel darah merah
Fagositosis	:	Proses dimana sel-sel mencerna partikel dan bakteri
Fisiologi	:	Ilmu yang mempelajari fungsi dari suatu organisme dan bagian-bagiannya
Fotosintesis	;	Membuat molekul organik oleh tanaman menggunakan energi dari matahari
Geraham	:	Salah satu jenis gigi
Gerakan Peristaltik	:	Otot yang berkontraksi sepanjang dinding usus
Getah lambung	:	Sekresi pencernaan yang dihasilkan oleh kelenjar didinding perut
Gigi Susu	;	Gigi yang pertama tumbuh
Glikogen	:	Percabangan polimer dari glukosa yang menyimpan energi dalam tubuh
Hematuria	:	Urin yang mengandung sel-sel darah merah
Hemoglobin	:	Pigmen yang mengandung besi dalam sel darah merah yang memungkinkan untuk membawa oksigen
Hipertonik	:	Suatu keadaan dimana tekanan osmotic sel lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan osmotic cairan diluar sel
Hipotonik	:	Suatu keadaan dimana tekanan osmotic sel lebih rendah dibandingkan dengan tekanan osmotic cairan diluar sel
Homeostasis	;	Suatu keadaan stabil yang dipelihara oleh semua proses aktif dalam tubuh untuk mengantisipasi terhadap perubahan proses fisiologis
Hormon	:	Sekresi kelenjar endokrin

Inspirasi	;	Menghirup
Insulin	:	Hormon yang dihasilkan oleh pancreas
Isotonik	:	Suatu keadaan dimana tekanan osmotic sel sama dengan tekanan cairan diluar sel
Kapasitas vital	:	Jumlah volume cadangan inspirasi, ekspirasi dan volume tidal
Kolostrum	:	Susu pertama dari induk yang mengandung antibodi
Lendir	:	Sekresi cairan kental
Leukosit	:	Sel darah putih yang berfungsi dalam kekebalan tubuh
Limfosit	:	Sel darah putih yang berhubungan dengan respon immune
Makrofag	:	Sel fagosit besar yang berada dalam jaringan
Monosit	:	Leukosit fagositik terbesar dan tidak memiliki butiran dalam sitoplasmanya
Nefron	;	Unit penting yang fungsional dalam ginjal
Neuron	:	Sel syaraf
Neurotransmitter	:	Molekul yang disekresikan oleh sebuah sinaps untuk menyalurkan impuls syaraf ke syaraf berikutnya
Neutrofil	:	Sel darah putih dengan butiran dalam sitoplasma yang terlibat dalam fagositosis
Nukleus	:	Sel bulat atau oval dalam tubuh yang mengandung DNA
Oksihemoglobin	:	Gabungan hemoglobin dan oksigen
Osmosis	;	Gerakan molekul pelarut melalui membrane kearah daerah yang mengandung kadar zat terlarut yang lebih pekat
Otot jantung	:	Otot yang membentuk dinding jantung, lurik, bercabang serat
Otot polos	;	Jaringan khusus untuk kontraksi dengan spindle serat berbentuk nonlurik
Pemamahbiak	:	Binatang yang memiliki rumen
Pencernaan	:	Kerusakan mekanik dan fisik dari makanan

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Fisiologi merupakan ilmu yang mempelajari fungsi tubuh secara normal dengan berbagai gejala yang ada pada sistem hidup serta pengaturannya atas segala fungsi dalam sistem tersebut. Fungsi dan struktur tubuh hewan memiliki hubungan yang sangat erat, keduanya merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Sehingga dalam mempelajari fungsi harus mempelajari struktur organ atau jaringan yang dimaksud. Fisiologi berkembang dengan pesat sehingga muncul ilmu yang khusus mempelajari salah satu organ saja. Secara umum hewan, dalam hal ini ternak dan hewan kesayangan tergolong pada vertebrata karena mempunyai kolom vertebral. Tubuh memperlihatkan adanya simetri bilateral yang berarti sisi kiri identik dengan sisi kanan dari hewan tersebut. Struktur yang tidak berpasangan kiri dan kanan , akan berada dekat dengan median. Jantung adalah contoh struktur yang tidak berpasangan, sedangkan mata, kaki, tangan merupakan struktur yang berpasangan.

Dalam buku ini akan dipelajari sistem pencernaan, sistem pernafasan dan sistem peredaran darah. Kondisi penampilan hewan merupakan pencerminan kesehatan hewan secara umum. Untuk mengetahui kesehatan hewan dapat dilihat dari penampilan hewan tersebut. Kondisi yang segar, proporsional, aktif, lincah dapat dikatakan hewan tersebut dalam kondisi sehat. Sebaliknya apabila hewan lesu, lemah, menyendiri, sayu, kurang bergairah maka hewan tersebut kemungkinan menderita sakit. Mengapa hewan dapat merasakan sakit? Mengapa hewan akan memberikan reaksi apabila diganggu ? Sebelum mengidentifikasi adanya kelainan-kelainan pada hewan terlebih dahulu sebaiknya mengenal kondisi hewan secara normal, baik kondisi umum maupun kondisi organ-organ tubuhnya. Pada hewan akan dijumpai adanya perbedaan-perbedaan antara hewan ruminansia dan hewan non ruminansia. Sistem pencernaan pada ternak sapi akan berbeda dengan sistem pencernaan pada kuda atau ayam, demikian pula sistem pernafasan pada sapi akan berbeda dengan sistem pernafasan pada ayam.

B. Prasyarat

Sebelum mempelajari buku teks bahan ajar Fisiologi Hewan 1 kelas X semester 1 ini, siswa diwajibkan telah menyelesaikan mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam pada jenjang pendidikan sebelumnya.

C. Petunjuk Penggunaan

Agar siswa dapat berhasil dengan baik dalam menguasai buku teks bahan ajar Fisiologi Hewan 1 ini, maka siswa diharapkan mengikuti petunjuk penggunaan bahan ajar sebagai berikut :

1. Bacalah semua bagian dari buku teks bahan ajar ini dari awal sampai akhir.
2. Baca ulang dan pahami sungguh-sungguh prinsip-prinsip yang terkandung dalam buku teks bahan ajar ini.
3. Buat ringkasan dari keseluruhan materi buku teks bahan ajar ini.
4. Gunakan bahan pendukung lain serta buku-buku yang direferensikan dalam daftar pustaka agar dapat lebih memahami konsep setiap kegiatan belajar dalam buku teks bahan ajar ini.
5. Lakukan diskusi kelompok baik dengan sesama teman sekelompok atau teman sekelas atau dengan pihak-pihak yang dapat membantu dalam memahami isi buku teks bahan ajar ini.
6. Setelah menguasai keseluruhan materi buku teks bahan ajar ini, kerjakan tugas, soal-soal yang ada pada latihan dan lembar evaluasi. Setelah mengerjakan tugas, buat laporan hasilnya dan kirim via e-mail. Setelah selesai mengerjakan soal-soal baru cocokkan hasilnya dengan lembar kunci jawaban.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari buku ini siswa diharapkan mampu untuk mengenali dan menalar fisiologi sistem pencernaan, sistem peredaran darah dan sistem pernafasan hewan ruminansia maupun non ruminansia.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Fisiologi Hewan

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Mengamalkan anugerah Tuhan pada pembelajaran fisiologi sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Menghayati pentingnya kerjasama sebagai hasil pembelajaran fisiologi hewan. 2.2 Menghayati pentingnya kepedulian terhadap kebersihan lingkungan praktek sebagai hasil dari pembelajaran fisiologi hewan. 2.3 Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggungjawab sebagai hasil dari pembelajaran fisiologi hewan.
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menerapkan pengetahuan fisiologi pencernaan hewan. 3.2 Menerapkan pengetahuan fisiologi pernafasan hewan. 3.3 Menerapkan pengetahuan fisiologi peredaran darah hewan. 3.4 Menerapkan pengetahuan fisiologi perkemihan. 3.5 Menerapkan pengetahuan fisiologi pertahanan tubuh. 3.6 Menerapkan pengetahuan fisiologi syaraf.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Menalar fisiologi sistem pencernaan hewan. 4.2 Menalar fisiologi sistem pernafasan hewan. 4.3 Menalar fisiologi sistem peredaran darah hewan. 4.4 Menalar fisiologi sistem perkemihan. 4.5 Menalar fisiologi sistem pertahanan tubuh. 4.6 Menalar fisiologi sistem syaraf.

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari Buku Teks bahan ajar ini kerjakan terlebih dahulu cek kemampuan awal dibawah ini :

No	Pernyataan	Ya	Tidak	Ket.
1	Apakah anda mengenal hewan ruminansia			
2	Apakah anda mengenal hewan non ruminansia			
3	Apakah anda mengetahui hewan ruminansia mengambil pakannya			
4	Apakah anda mengetahui hewan non ruminansia mengambil pakannya			
5	Apakah anda mengetahui struktur saluran pencernaan ruminansia			
6	Apakah anda mengetahui struktur saluran pencernaan non ruminansia			
7	Apakah anda mengetahui cara menduga umur dengan melihat perubahan gigi			
8	Apakah anda mengetahui enzim pencernaan			
9	Apakah anda mengenal sistol dan diastol			
10	Apakah anda mengetahui mekanisme aliran darah			
11	Apakah anda mengetahui mekanisme penyerapan sari makanan dalam tubuh			
12	Apakah anda mekanisme terjadinya denyut jantung			
13	Apakah anda memahami sistem respirasi pada ruminansia			
14	Apakah anda mengetahui mekanisme terjadinya pertukaran Oksigen dan Karbondioksida			
15	Apakah anda memahami sistem respirasi pada unggas			

Apabila ada salah satu pertanyaan yang Anda jawab “tidak”, maka Anda harus mempelajari buku teks bahan ajar Fisiologi Hewan1 ini.

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Sistem Pencernaan

A. Deskripsi

Kegiatan Belajar 1 mempelajari tentang system pencernaan baik pada ruminansia maupun non ruminansia yang mencakup hewan monogastrik dan unggas.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Peserta didik dapat menalar system pencernaan hewan ruminansia
b. Peserta didik dapat menalar system pencernaan hewan non ruminansia

Alokasi Waktu : Waktu Pembelajaran : 16 JP (4 JP x 4 minggu)

2. Uraian Materi

MENGAMATI / OBSERVASI :

Lakukan pengamatan terhadap system pencernaan baik pada ruminansia maupun non ruminansia dengan cara :

1) Membaca uraian materi tentang system pencernaan baik pada ruminansia maupun non ruminansia
2) Mencari informasi di lokasi setempat tentang system pencernaan baik pada ruminansia maupun non ruminansia melalui internet, buku, modul atau sumberlainnya
3) Mengamati suatu proses yang berkaitan dengan system pencernaan baik pada ruminansia maupun non ruminansia

a). Sistem Pencernaan Hewan

Setiap makhluk hidup harus menyelenggarakan fungsi kehidupan seperti makan, bernapas, bergerak ataupun fungsi lainnya. Fungsi hidup tersebut diatur dan dikendalikan dengan cara atau mekanisme tertentu agar makhluk hidup tersebut dapat tetap hidup. Hewan memerlukan energi untuk hidupnya. Energi ini akan dicukupi dengan makanan yang dikonsumsi. Pakan hewan yang dimakan biasanya masih dalam ukuran yang besar dan komplek sehingga energi yang ada tidak dapat langsung digunakan. Hewan harus mencerna terlebih dahulu untuk dapat memanfaatkan energi yang terkandung dalam makanan tersebut.

Hewan memerlukan senyawa organik seperti karbohidrat, lemak dan protein sebagai sumber energi untuk melakukan berbagai aktivitas kehidupannya. Kemampuan hewan untuk mensistesis senyawa organik tersebut sangat terbatas, sehingga untuk memenuhi kebutuhannya mengambil dari tumbuhan atau hewan lain. Pernahkah anda mengamati bagaimana cara sapi makan, kerbau mengambil rumput untuk dimasukkan dalam mulutnya, atau kambing makan dedaunan? Apakah cara makan ketiga hewan tersebut berbeda dengan kucing atau anjing ? Tentu saja ada perbedaan antara kedua kelompok hewan tersebut. Jenis pakan yang dimakan sapi, kerbau atau kambing berbeda dengan yang dimakan anjing atau kucing. Demikian juga cara mengambil makanannyapun berbeda antara hewan yang satu dengan hewan yang lain. Sapi dan kerbau memilih rumput untuk dimakan, sedangkan kambing akan lebih menyenangi dedaunan daripada rumput. Anjing dan kucing tidak mau makan rumput atau daun, tetapi anjing dan kucing akan lahab bila diberi makan daging.



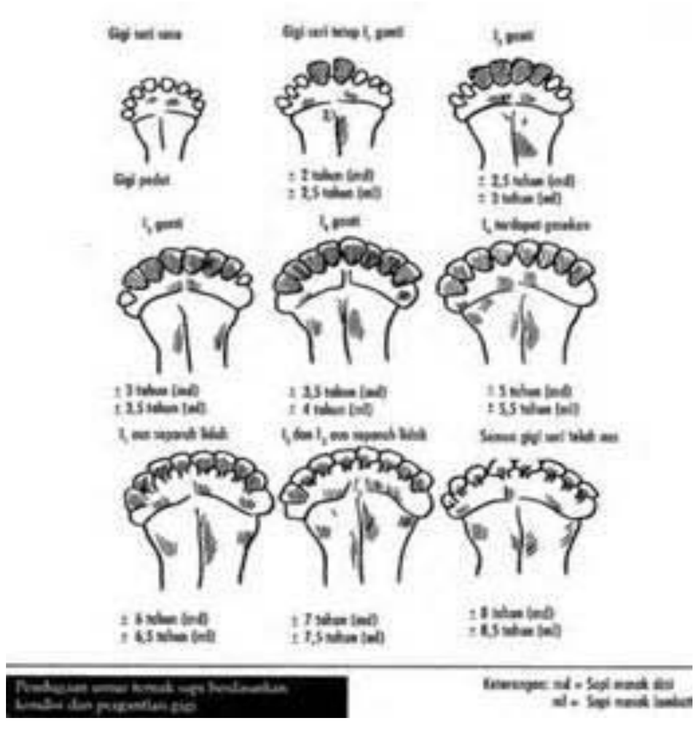
Gambar 1. Sapi sedang makan rumput



Gambar 2. Kucing yang sedang makan



Gambar 3. Domba makan Rumput



Gambar 4. Perubahan Gigi Ruminansia

Untuk lebih jelasnya mari kita lakukan tugas pertama yaitu mengamati tingkah laku makan hewan baik ruminansia maupun non ruminansia seperti pada lembar kerja berikut :

Mengamati

Anda diminta untuk melakukan pengamatan terhadap tingkah laku hewan ruminansia dalam memenuhi kebutuhan energinya. Pengamatan dilakukan untuk melihat jenis pakan apa saja yang dimakan oleh sapi dan kerbau, pakan yang dimakan kambing serta pakan untuk anjing ataupun kucing.

Tabel 1. Hasil Pengamatan

No	Nama Hewan	Jenis Pakan	Keterangan
1	Sapi		
2	Kerbau		
3	Kambing		
4	Kucing		
5	Anjing		

Mengasosiasikan

Berdasarkan dari hasil pengamatan yang anda lakukan, Buatlah kesimpulan mengapa hewan mempunyai kesukaan terhadap jenis pakan tertentu.

Berdasarkan makanannya hewan dapat digolongkan menjadi hewan herbivora yaitu hewan yang memakan tumbuh-tumbuhan, hewan carnivora yaitu hewan

pemakan daging dan hewan omnivora yaitu hewan pemakan campuran baik tumbuh-tumbuhan maupun daging.

Dalam aktivitas pembelajaran berikutnya Lakukan pembagian kelompok terhadap seluruh siswa yang ada dikelasmu. Masing-masing kelompok memilih ketua dan sekretaris. Kemudian persiapkan bahan dan peralatan untuk melakukan pengamatan terhadap cara makan hewan. Dalam berkelompok lakukan pengamatan terhadap cara makan hewan ruminansia yang ada disekolah. Catat seluruh aktivitas yang dilakukan hewan dalam memperoleh makanannya.

Mengamati

- Bagaimana hewan tersebut mengambil rumput?
- Bagaimana hewan memasukkan rumput kedalam mulutnya?
- Apa yang dilakukan hewan terhadap pakan didalam mulut?
- Bagaimana hewan tersebut mengunyah makanannya?
- Apa saja makanan hewan tersebut?

Menanya

- Mengapa pakan tersebut harus dikunyah?
- Apa yang dilakukan hewan pada saat hewan setelah pakan yang tersedia habis?
- Dalam posisi dimana pakan dikunyah oleh hewan?
- Perhatikan posisi dan struktur gigi hewan ?
- Apa fungsi lidah dalam mengambil pakan ?
- Apa fungsi lidah dalam pengunyahan ?

Untuk memberikan arah dalam melakukan pengamatan anda dapat menggunakan tabel 2. berikut :

Tabel 2. Hasil Pengamatan

No	Nama Hewan	Jenis Pakan	Cara Mengambil Makanan	Cara Mengunyah	Kebiasaan Makannya
1	Sapi				
2	Kambing				
3	Kerbau				
4	Anjing				
5	Kucing				

Mengasosiasikan

Dari hasil pengamatan yang anda lakukan , diskusikan dalam kelompok mengapa hewan tersebut mempunyai pola makan yang seperti anda amati ?

Mengkomunikasikan

Hasil diskusi kelompok presentasikan didepan kelas untuk mendapat masukan dari kelompok yang lain. Kemudian buat kesimpulan terhadap hasil pengamatan dan diskusi yang anda lakukan .

Saluran Pencernaan

Organ atau sistem pencernaan hewan melaksanakan empat macam fungsi yaitu memasukkan makanan kedalam tubuh, mengubah makanan yang kompleks

menjadi sederhana, menyerap hasil pencernaan serta membawa hasil penyerapan ke dalam darah dan mengeluarkan sisa makanan yang tidak tercerna atau yang tidak dapat diserap oleh tubuh. Bagian makanan yang tercerna dan terserap digunakan oleh tubuh hewan sebagai sumber energi dan bahan pembangun tubuh. Setelah mendapatkan makanan hewan harus mencernanya dengan baik agar sari-sarinya dapat diserap oleh sel-sel tubuh.

Pada hewan baik ruminansia maupun non ruminansia makanan dicerna dalam saluran khusus yang sudah berkembang dengan baik, pencernaan berlangsung di dalam organ khusus yang disebut organ gastrointestinal. Sistem pencernaan hewan ruminansia berbeda dengan hewan non ruminansia atau yang dikenal dengan monogastrik dan juga berbeda dengan sistem pencernaan unggas. Sapi, kerbau , kambing dan domba termasuk hewan ruminansia. Pencernaan adalah suatu proses menguraikan makanan yang mempunyai struktur yang komplek dan rumit menjadi bentuk yang lebih sederhana untuk diserap tubuh hingga dapat digunakan tubuh sebagai energi dan segala fungsi metabolik lainnya.

Dalam penguraian makanan ini ada beberapa tahapan, yakni penerimaan, pengunyahan, penelanan, penyimpanan, pencernaan, penyerapan, dan pembuangan. Penerimaan dilakukan didaerah mulut yang akan diikuti tahap berikutnya yaitu pengunyahan. Pengunyahan adalah merubah bentuk pakan menjadi partikel yang lebih kecil. Sedangkan penelanan adalah tahap pertama pengolahan makanan yang sebelumnya juga bahan makanan tersebut diolah menjadi bentuk lebih kecil agar memungkinkan dipindahkan ke organ lain dengan mudah. Penyimpanan makanan sementara dilakukan di lambung yang merupakan pelebaran saluran gastrointestinal.

Sedangkan pencernaan adalah tahapan kedua, yakni proses perombakan atau penguraian makanan menjadi lebih kecil lagi hingga dapat diserap tubuh. Tahap penyerapan adalah proses tubuh menyerap molekul-molekul hasil pemecahan bahan makanan. Dan proses pembuangan terjadi ketika sisa dari pengolahan

makanan tadi telah menyisakan bagian yang sudah tidak dapat lagi dimanfaatkan oleh tubuh

Ruminansia atau dikenal juga dengan hewan memamah biak adalah hewan yang dalam aktivitas memenuhi kebutuhan hidupnya melakukan pengunyahan kembali terhadap pakan yang sudah ditelannya. Kelompok hewan ruminansia sebagian besar pakannya adalah berupa bahan hijauan yang terdiri atas rumput atau daun-daunan, meskipun kadang-kadang juga diberikan pakan yang berupa tepung. Sebagai pakan ruminansia hijauan dapat berupa hijauan segar ataupun hijauan yang sudah diawetkan.

1) Mulut

Rongga mulut adalah tempat pertama yang akan dilalui bahan makanan untuk diolah menjadi sumber energi bagi tubuh hewan. Pada rongga mulut terjadi 2 jenis proses pencernaan, yakni pencernaan mekanis atau fisik, dan pencernaan secara kimiawi. Pencernaan mekanis atau fisik ini dilakukan dengan menggunakan gerakan yang akan membuat bahan makanan terurai secara fisik, dalam artian menjadi ukuran yang lebih kecil. Pencernaan mekanis ini biasanya dilakukan dengan pengunyahan. Dengan pengunyahan bahan makanan akan terurai menjadi ukuran yang lebih kecil. Dengan ukuran yang kecil memudahkan untuk dilakukan pencernaan secara kimiawi. Selanjutnya terjadi juga pencernaan secara kimiawi dengan melibatkan enzim yakni mengurai bahan makanan menjadi unsur dan molekul yang lebih sederhana dan juga kandungan kimianya, nilai gizi di dalamnya yang kompleks tersusun dari berbagai unsur kimiawi akan terurai menjadi bentuk halus atau molekul yang lebih sederhana.

Enzim-enzim yang dihasilkan pada rongga mulut dihasilkan dari sejumlah kelenjar ludah, terdapat 3 kelenjar ludah diantaranya adalah kelenjar parotis, submandibularis dan sublingualis. Air liur mengandung enzim ptialin

(amilase ludah), yakni enzim yang mengurai karbohidrat polisakarida (amilum) menjadi maltosa(disakarida). Air liur pHnya atau tingkat keasamannya adalah hampir mendekati netral kira-kira 6,7. Kandungan airnya tinggi sekitar 98%, air liur ini berfungsi untuk membasahi makanan, membunuh bakteri yang tidak baik bagi kesehatan, mencegah mulut dari kekeringan.

2) Gigi

Berdasarkan jenis pakan tersebut maka struktur gigi yang berkembang akan menyesuaikan terhadap kebutuhan untuk memperhalus jenis pakan tersebut. Gigi pada ruminansia yang berkembang baik adalah gigi yang diperlukan untuk mengunyah bahan hijauan agar menjadi lembut, sehingga yang berkembang adalah gigi geraham. Gigi taring tidak berkembang karena sapi tidak memerlukan taring untuk mengoyak makanannya. Tabel 1 adalah struktur gigi pada ruminansia.

Tabel 3. Struktur Gigi Ruminansia

3	3	0	0	0	0	3	3	Rahang atas
M	P	C	I	I	C	P	M	Jenis gigi
3	3	0	4	4	0	3	3	Rahang bawah

Keterangan :

I = insisivus = gigi seri
C = kaninus = gigi taring
P = premolar = geraham depan
M = molar = geraham belakang

Gigi yang berperan sebagai pencernaan mekanis ini menghaluskan dengan menumbuk atau dengan gerakan. Gigi terdiri dari akar gigi (korum), dan akar gigi (radius). Akar gigi terdiri atas dua bagian, yakni mahkota gigi (korona),

dan gigi yang tertanam dalam rahang gigi. Gigi berasal dari dua jaringan embrional, yakni ektoderm dan mesoderm. Email adalah lapisan keras yang menutupi permukaan gigi. Dentin (tulang gigi) terdapat di dalam email, sementum (lapisan luar akar gigi), dan pulpa (rongga gigi) yang banyak mengandung serabut saraf dan pembuluh darah. Berdasarkan bentuknya, gigi terbagi menjadi 4 bentuk, yakni gigi seri(Incicivus) berfungsi memotong makanan, gigi taring (caninus) berfungsi merobek makanan, gigi geraham depan (premolar), dan gigi geraham belakang (molar) berfungsi mengunyah dan menghaluskan makanan.



Gambar 5. Kerangka Kepala dan Gigi

Gigi pada ruminansia terdiri atas gigi seri yang digunakan untuk memotong rumput atau daun yang menjadi pakannya dan gigi geraham baik depan maupun geraham belakang yang berfungsi untuk menggiling agar pakan menjadi lebih lembut sehingga mudah dicerna . Selain fungsi utama untuk keperluan pencernaan , gigi juga dapat digunakan untuk menaksir umur ternak. Gigi ternak terdiri atas dua jenis gigi yaitu gigi susu dan gigi tetap. Didalam perkembangannya ada dua jenis gigi yaitu gigi susu yang

merupakan gigi yang pertama kali muncul dan akan digantikan oleh gigi tetap pada saat umur tertentu. Perubahan perkembangan gigi susu menjadi gigi tetap da pat digunakan sebagai patokan dalam menaksir umur hewan.

- **Pendugaan Umur Ternak ruminansia**

Pengetahuan tentang umur pada suatu peternakan sapi mempunyai arti penting, karena berhubungan dengan biaya dan waktu hewan tersebut masih bisa dipelihara. Salah satu cara penafsiran umur ini dapat dilihat menggunakan metode pengamatan pada pergantian dan keterasahan gigi seri.

Prinsip taksiran dari gigi adalah memperhitungkan pertumbuhan, penggantian dan keausan gigi ternak. Pertumbuhan gigi ternak terbagi tiga periode yaitu, periode gigi susu, periode penggantian gigi susu menjadi gigi tetap serta periode kausan gigi tetap . Penafsiran umur dengan melihat perkembangan dan pergantian gigi seri serta terasahnya gigi seri (permanen). Pada pedet terasahnya gigi tidak seberapa karena makanannya hanya diberi air susu, sedangkan pada sapi dewasa terasahnya lebih banyak karena pakannya dalam bentuk keras .

Oleh sebab itu, pengetahuan dari calon pembeli hewan dalam menentukan umur sangat dibutuhkan. Umur hewan kurban untuk domba atau kambing adalah telah berumur minimal satu tahun atau lebih (yang telah berganti gigi), sedangkan untuk hewan sapi atau kerbau adalah minimal 2 tahun atau yang telah berganti gigi. Penentuan umur kambing atau domba dapat dilakukan dengan memperhatikan pergantian gigi susu pertama (I1) menjadi gigi tetap. Adapun untuk menentukan umur sapi yang perlu diperhatikan adalah kondisi gigi yang meliputi pertukaran gigi seri susu dengan gigi seri tetap, perecupan gigi seri, pergesekan, dan bintang gigi. Jika gigi seri susu I1 sudah berganti dengan gigi seri tetap dan sudah merecup, berarti umur sapi 2 tahun. Jika gigi seri susu I2 sudah berganti dan merecup, berarti umur sapi 3 tahun. Jika gigi seri susu I3 sudah

berganti dan merecup, umur sapi 3,5 tahun. Jika semua gigi seri telah berganti (I4) dan merecup, umur sapi 4 tahun. Jika I4 ada tanda pergesekan, berarti umur sapi 5 tahun.(Timan 2003).

Menurut Tabrany (2001) hewan yang cukup umur akan menghasilkan daging yang berprotein tinggi dengan kadar asam amino yang lengkap, mudah dicerna, begitu pula teksturnya empuk. Sedangkan ternak yang belum cukup umur akan menghasilkan daging yang lembek dan menyebabkan rasa daging relatif tidak lezat.

Gigi merupakan organ bagian pencernaan yang berada di rongga mulut yang berguna untuk mengunyah makanan. Ternak ruminansia tidak mempunyai gigi taring. Gigi seripun hanya terdapat pada rahang bawah. Sedangkan rahang atas hanyalah berupa bantalan tenunan pengikat yang kuat. Gigi geraham terdapat pada kedua rahang. Jumlah gigi seri ada 4 pasang (8 buah) geraham depan 12 buah dan geraham belakang ada 12 buah. Jadi jumlah gigi domba yang lengkap ada 32 buah. Gigi seri yang tumbuh pada umur muda disebut gigi seri susu. Gigi susu ini kecil dan agak tajam serta tumbuhnya agak renggang satu sama lain. Gigi seri susu ini sifatnya hanya sementara. Karena pada suatu saat akan tanggal (rontok) dan digantikan dengan gigi seri tetap. Pergantian gigi seri susu dan gigi seri tetap ini yang digunakan untuk menaksir umur ternak. Sedangkan pada ternak tua ditaksir berdasarkan keausan gigi seri ini, berhubungan dengan kondisi pakan. Ternak yang dilepas/ digembalakan, gigi serinya relatif lebih cepat tanggal atau aus dari pada ternak yang dikandangkan. Menentukan umur ternak domba kurang dari 1 tahun adalah bahwa jumlah gigi seri tetap belum ada, Namun memiliki gigi susu. Sepasang gigi tetap (sebanyak 2 buah) umur ternak domba kurang lebih 1 sampai dengan 2 tahun. Dua pasang gigi tetap (4 buah gigi tetap) menandakan umur tersebut 2-3 tahun. Jika gigi teleh mencapai 3 pasang gigi tetap (6 buah) berumur 3-4 tahun. Jika ternak memiliki empat pasang

gigi tetap (8 buah) harus berumur 4-5 tahun. Tetapi jika gigi tetap aus dan mulai lepas maka ternak tersebut berumur diatas 5 tahun.

Pada ternak kambing, ada hal yang unik, yaitu gigi mengalami keausan dan erupsi secara kontinyu dengan karakteristik tertentu, sehingga gigi pada kambing dapat digunakan untuk menduga umur kambing jika tidak adanya catatan reproduksi maupun kelahiran dari kambing tersebut.

Jika kita amati perkembangan gigi seri pada kambing, akan dijumpai adanya gigi awal yang umumnya kita sebut dengan gigi seri susu. Setelah beberapa waktu gigi seri susu akan berubah menjadi gigi seri permanen dan gigi seri permanen ini akan mengalami keterasahan pada umur-umur tertentu, sehingga dapat digunakan untuk menduga umur ternak kambing. Dikemukakan bahwa susunan gigi seri permanen pada kambing yang sudah dewasa, yaitu sepasang gigi seri sentral, sepasang gigi seri lateral, sepasang gigi seri intermedial, sepasang gigi seri sudut pada rahang bawah, tiga gigi premolar dan tiga gigi molar.

Lebih lanjut Frandson (1993) menyatakan bahwa pendugaan umur kambing berdasarkan gigi seri yaitu sebagai berikut: (1) Jika pada kambing telah tumbuh sepasang gigi seri susu sentral, kambing berumur 1 hari sampai 1 minggu; (2) Sepasang gigi seri susu lateral, kambing berumur 1 – 2 minggu; (3) Sepasang gigi seri susu intermedial, kambing berumur 2 – 3 minggu; (4) Sepasang gigi seri susu sudut, kambing berumur 3 – 4 minggu; (5) Sepasang gigi seri susu sentral digantikan oleh sepasang gigi seri permanen sentral, kambing berumur 1 – 1,5 tahun; (6) Sepasang gigi seri susu lateral digantikan sepasang gigi seri permanen lateral, kambing berumur 1,5 – 2,5 tahun; (7) Sepasang gigi seri susu intermedial digantikan sepasang gigi seri permanen intermedial, kambing berumur 2,5 – 3,5 tahun; (8) Sepasang gigi seri susu sudut digantikan sepasang gigi seri permanen sudut, kambing berumur 3,5 – 4 tahun.

Bagaimana menduga umur hewan? Kadang-kadang kita dihadapkan pada permasalahan untuk menentukan berapa umur hewan, seperti misalnya pada saat mendekati Hari Raya Idul Adha. Pada saat itu banyak hewan yang ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan hewan kurban. Kadang-kadang hewan yang ditawarkan belum memenuhi syarat umur untuk kurban. Untuk memastikan bahwa hewan tersebut sudah cukup umur maka perlu dilakukan pemastian terhadap umur hewan tersebut. Sangat sedikit hewan yang mempunyai catatan atau rekording kapan hewan tersebut dilahirkan. Oleh karena itu kita harus memeriksa perubahan-perubahan yang ada untuk memastikan umur hewan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melihat perubahan yang terjadi pada gigi hewan. Dengan mengidentifikasi perubahan pada gigi kita dapat menduga umur hewan tersebut. Kegiatan berikut adalah kegiatan bagaimana agar kita dapat menduga umur hewan.

3) Lidah

Pada saat sakit kita tidak dapat merasakan enaknya makanan yang kita makan. Semua makanan terasa sama yaitu pahit. Kita tidak dapat merasakan rasa manis, asin, pedas atau rasa yang lain. Semua makanan terasa pahit dimulut. Demikian juga apabila kita sedang mengalami sariawan, kita akan merasa kesulitan dalam melakukan pengunyahan terhadap makanan yang kita makan. Apalagi jika sariawan tersebut terjadi pada lidah, rasa sakitnya bukan main. Kita tidak bisa menempatkan makanan untuk mudah dikunyah. Makanan langsung kita telan meskipun belum halus benar. Biasanya dalam kondisi ini kita baru ingat bahwa kita punya lidah yang harus dijaga supaya tetap sehat. Kita bersyukur pada Tuhan yang Maha Esa telah diberi kesehatan sehingga kita merasa nikmat dalam menikmati makanan yang kita makan. Agar dapat lebih memahami fungsi lidah marilah kita lakukan kegiatan sebagai berikut :

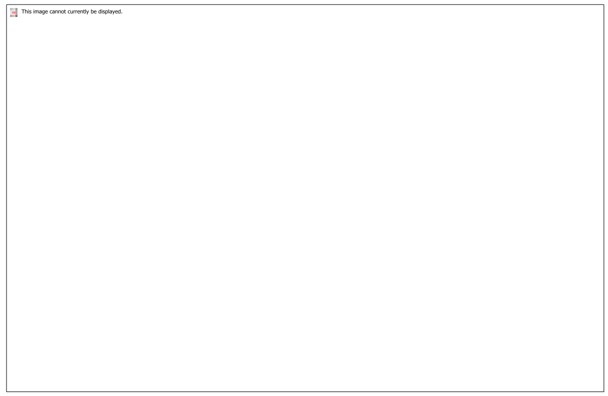
Selain gigi didalam mulut terdapat lidah. Fungsi lidah selain mengecap rasa makanan juga membantu gigi untuk menghaluskan makanan dengan cara mengaduk dan membalik, serta memposisikannya sesuai dengan gerakan gigi. Selain itu lidah juga membantu proses penelanan, dan mengaktifkan kelenjar ludah. Pada lidah terdapat papila dan tunah pengecap. Pada bagian pangkal lidah untuk mengecap rasa pahit, bagian samping dalam untuk rasa asam, bagian depan samping untuk rasa asin, dan ujung lidah untuk merasakan rasa manis. Lidah mempunyai peran yang sangat penting dalam menjalankan fungsi sebagai pengumpan makanan untuk dikunyah gigi, fungsi sensor pengecapan yang membedakan berbagai rasa, dan membantu proses penelanan makanan. Bentuk lidah mengikuti lengkung dalam mandibula, dengan bagian-bagian terdiri dari :

- Pangkal lidah *(radix lingua base):* Melekat pada oss hyoid oleh otot hyoglossus dan genioglossus, melekat pada epiglottis dengan mukosa glossoepiglottis, melekat pada palatum molle oleh arkus glossopalatinus.
- Ujung lidah *(apex linguae)* : Bagian lidah yang tipis, berada sisi dalam pada permukaan gigi depan.
- Punggung lidah *(dorsum linguae)* : Terdapat parit *(sulcus linguae)* persis di tengah pungung lidah membelah lidah simetris menjadi 2 bagian. Pada punggung lidah dipenuhi papila-papila sensor yang berfungsi indera pengecapan. Ada beberapa jenis papila yang memenuhi seluruh permukaan yaitu filiformis, fungiformis, sirkumvalata dan folioformis.

  - **Papila Lidah**

    Bentuk Papila lidah bermacam-macam, yaitu **:**

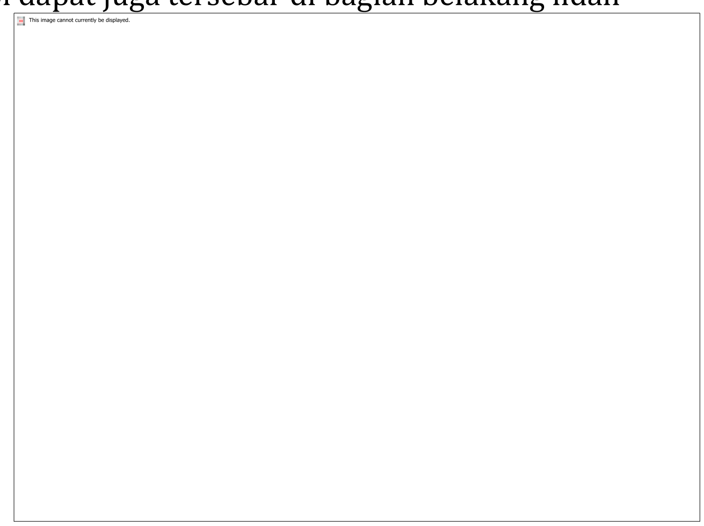
    a) Papila filiformis
    Berbentuk fili (rambut), kecil. Tersebar di 2/3 depan lidah, tepi dan ujung lidah



Gambar 6. Papila fili dan fungiformis

b) Papila fungiformis

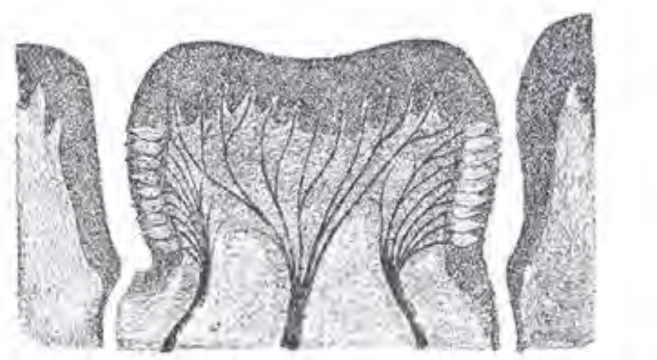
Berbentuk seperti cendawan. Terdapat di ujung dan tepi lidah, tapi dapat juga tersebar di bagian belakang lidah



Gambar 7. Papilla fungiformis

c) Papilla valata

Papila ini berukuran paling besar, biasanya hanya berjumlah 7-12 buah. Terdapat di tengah lidah membentuk susunan seperti huruf V atau Y.



Gambar 8. Papilla circumvallata

d) Papila foliata

Berbentuk seperti daun. Terdapat di tepi lidah kanan dan kiri.

- **Otot Lidah**

Terdapat dua macam otot lidah, yakni otot intrinsik lidah dan otot ekstrinsik lidah. Otot intrinsik lidah seluruhnya terdapat dalam lidah. Otot-otot ini berfungsi untuk merubah bentuk lidah. Otot-otot yang termasuk dalam otot intrinsik lidah adalah:

- Otot longitudinalis superior
- Otot longitudinalis inferior
- Otot tranversus
- Otot vertikalis

Otot ekstrinsik lidah menghubungkan lidah dengan bagian tubuh yang lain. Otot ini berfungsi untuk menggerakkan lidah. Yang termasuk dalam otot-otot ini adalah:

- Otot genioglosus
- Otot stiloglosus
- Otot hioglosus

Dalam mulut pakan mengalami pencernaan secara mekanis dengan dikunyah oleh gigi dan pencernaan enzimatis oleh enzim yang ada dalam ludah. Dalam ludah terdapat enzim ptalin yang berfungsi untuk merubah pati yang ada dalam karbohidrat menjadi glukosa. Untuk membuktikan perubahan pati menjadi glukosa dapat dilakukan dengam melakukan uji Yodium.

Setelah mengalami pencernaan mekanis dan enzimatis dalam mulut pakan akan masuk kedalam rumen melalui saluran pencernaan atas yang disebut esophagus. Sistem pencernaan yang dikenal juga dengan nama tractus digestivus terdiri atas suatu saluran muskulo membranosa yang terentang dari mulut hingga anus. Fungsi saluran pencernaan adalah untuk memasukkan makanan, menggiling, mencerna dan menyerap makanan serta mengeluarkannya dalam bentuk padat. Sistem pencernaan akan mengubah unsur hara yang terdapat dalam makanan menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat diserap dan digunakan oleh tubuh sebagai sumber energi atau membangun senyawa lain untuk kepentingan metabolisme.

Pada hewan makanan dicerna dalam saluran khusus yang sudah berkembang dengan sangat baik yang disebut organ gastrointestinal. Sistem gastrointestinal ini tersusun atas berbagai organ yang secara fungsional dapat dibedakan menjadi empat bagian, yaitu daerah penerimaan makanan, daerah penyimpanan, daerah pencernaan dan penyerapan nutrien, serta daerah penyerapan air dan ekskresi. Seperti diketahui bagian sistem pencernaan terdiri atas mulut, farinks, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, dan glandula aksesoris seperti kelenjar saliva, hati dan pankreas.

Apa yang terjadi terhadap makanan yang sudah dikunyah didalam mulut ?

Makanan didalam mulut kunyah agar ukurannya menjadi lebih kecil. Ukuran makanan menjadi lebih kecil menjadikan struktur makanan yang komplek menjadi lebih sederhana. Struktur yang sederhana ini akan menjadi mudah bagi hewan untuk menyerapnya dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Perubahan menjadi bentuk yang lebih sederhana ini dibantu oleh enzim yang dikeluarkan dimulut. Untuk membuktikan adanya enzim yang membantu dalam merubah menjadi bentuk senyawa yang lebih sederhana kita dapat melakukan kegiatan seperti dalam Lembar Kerja yang terkait .

4) Esophagus

Seperti disebutkan didepan esophagus adalah merupakan saluran makanan masuk menuju lambung. Esofagus yang panjangnya adalah kurang lebih 20 cm dan lebarnya 2 cm adalah jalur untuk mengalirkan makanan setelah dari farinks ke lambung. Gerakan mendorong dan meremas akan membuat bolus turun ke lambung secara perlahan. Aktivitas menelan ini termasuk pada aktivitas yang dipengaruhi kesadaran,karena bagian atas esofagus ini tersusun atas otot lurik (rangka) yang responnya dipengaruhi kesadaran.

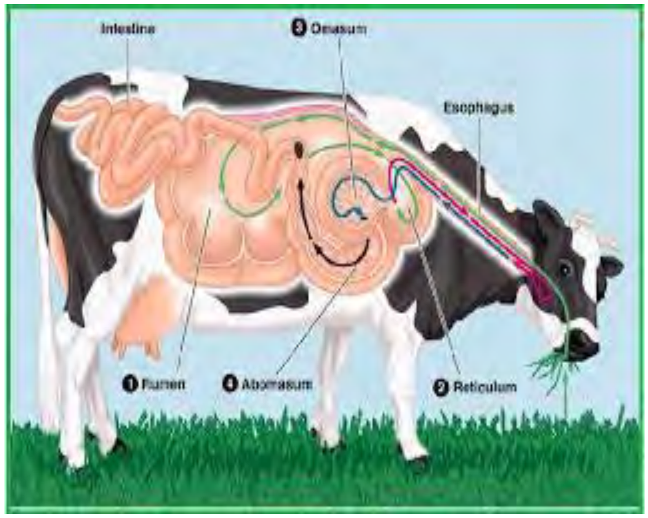
Adanya mukosa yang dihasilkan di esofagus juga mempermudah proses mendorong bolus ke arah lambung, sehingga bolus akan lebih licin, selain itu adanya mukus akan membuat resiko gesekan berkurang dengan licinnya permukaan, membuatnya dapat meregang untuk menampung makanan dan air sebanyak kurang lebih 2 liter

5) Lambung

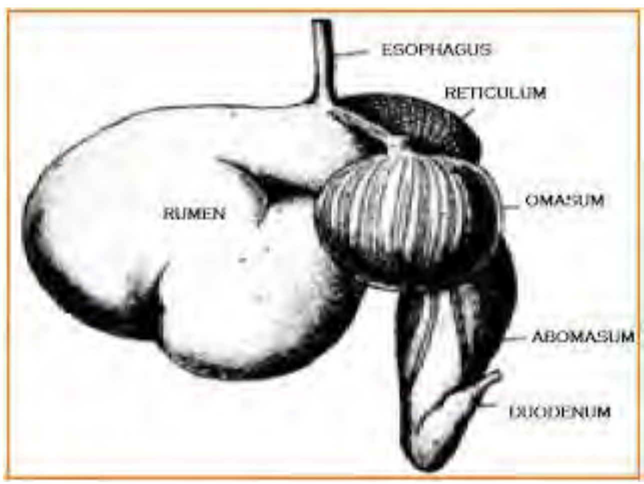
Setelah melewati esophagus makanan masuk kedalam lambung. Lambung sapi sangat besar, diperkirakan sekitar 3/4 dari isi rongga perut. Lambung mempunyai peranan penting untuk menyimpan makanan sementara yang akan dimamah kembali (kedua kali). Selain itu, pada lambung juga terjadi

proses pembusukan dan peragian. Lambung juga berfungsi untuk mencerna protein dengan mensekresikan enzim protease dan asam lambung. Lambung ruminansia terdiri atas 4 bagian, yaitu *rumen, retikulum, omasum,* dan *abomasum* dengan ukuran yang bervariasi sesuai dengan umur dan makanan alamiahnya. Kapasitas rumen 80%, retikulum 5%, omasum 7-8%, dan abomasum 7-8%. Pembagian ini terlihat dari bentuk gentingan pada saat otot sfinkter berkontraksi.

Makanan dari kerongkongan akan masuk rumen yang berfungsi sebagai gudang sementara bagi makanan yang tertelan. Di rumen terjadi pencernaan protein, polisakarida, dan fermentasi selulosa oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri dan jenis protozoa tertentu. Dari rumen, makanan akan diteruskan ke retikulum dan di tempat ini makanan akan dibentuk menjadi gumpalan-gumpalan yang masih kasar (disebut *bolus).* Bolus akan dimuntahkan kembali ke mulut untuk dikunyah kedua kali. Dari mulut makanan akan ditelan kembali untuk diteruskan ke omasum. Pada omasum terdapat kelenjar yang memproduksi enzim yang akan bercampur dengan bolus. Akhirnya bolus akan diteruskan ke abomasum, yaitu perut yang sebenarnya dan di tempat ini masih terjadi proses pencernaan bolus secara kimiawi oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroba (bakteri dan protozoa) akan merombak selulosa menjadi asam lemak. Akan tetapi, bakteri tidak tahan hidup di abomasum karena pH yang sangat rendah, akibatnya bakteri ini akan mati, namun dapat dicernakan untuk menjadi sumber protein bagi hewan pemamah biak. Dengan demikian, hewan ini tidak memerlukan asam amino esensial seperti pada manusia.



Gambar 9. Topografi system pencernaan ruminansia



Gambar 10. Perut Ruminansia

Lambung berada pada sisi kiri rongga perut (abdomen), dan dibawah diafragma. Lambung dapat menyimpan seluruh makanan yang dimakan dalam satu waktu karena ukurannya yang besar tersebut maka sering disebut dengan "perut besar". Dinding-dindingnya sangat elastis dan memiliki lipatan seperti akordion pada masing-masing ujung lambung. Spingter esophageal merupakan klep yang membatasi antara bagian esofagus dengan lambung, dan agar makanan tidak kembali ke esofagus, jadi sfingter ini hanya terbuka jika ada makanan masuk atau pada saat

muntah.Sedangkan klep yang membatasi antara lambung dengan duodenum disebut dengan sfingter pilorus.

Dinding lambung atau fundus mensekresikan suatu cairan yang sering disebut dengan "getah lambung", yakni suatu cairan pencernaan yang bercampur dengan makanan ,dengan komposisi asam klorida (HCl) yang sangat asam, tingkat keasamannya (pH) sekitar 2, karena sangat asamnya getah lambung ini sehingga cukup untuk melarutkan paku besi. Fungsi getah lambung tersebut adalah mengurai zat-zat dalam makanan dan juga sebagai zat anti kuman apabila ada bakteri yang tertelan sewaktu makan.

Selain getah lambung ditemukan pula enzim pepsin yang berfungsi sebagai hidrolisis(mencerna) protein. Pepsin memecah ikatan kompleks dan rumit pada protein menjadi bagian sederhana dari protein yakni asam amino. Pepsin adalah salah satu enzim yang bekerja dengan baik pada larutan asam pekat (getah lambung) yang terdapat pada lambung. Pada lambung bolus yang tercampur dan sudah diurai oleh HCl bersifat asam dan disebut dengan bubur kim.

6) Usus

Usus atau disebut juga usus halus terdiri atas tiga bagian yaitu duodenum, jejenum dan ileum. Proses pencernaan selanjutnya dilakukan di usus, sebelum mengalami penyerapan dilakukan dengan bantuan enzim yang dikeluarkan diusus. Proses penyerapan sari makanan dari organ gastrointestinal terjadi dengan cara transpor pasif atau dengan difusi dipermudah. Transpor pasif terjadi karena ada perbedaan konsentrasi, sedangkan difusi dipermudah terjadi karena difusi dengan bantuan molekul carrier pada sel penyerap. Penyerapan karbohidrat dan protein berlangsung secara difusi dipermudah

Usus halus memiliki panjang kurang lebih 6 meter pada manusia, usus halus (small intestine) merupakan bagian dari system pencernaan yang

terpanjang.Pada organ ini penyederhanaan zat yang kompleks akan dirubah dan diurai menjadi bentuk yang lebih sederhana lagi daripada hasil pencernaan dari tahap-tahap sebelumnya, dan sebagian besar zat-zat tersebut diserap oleh darah yang ada di pembuluh kapiler yang tersebar di usus halus ini dengan cara berdifusi, untuk selanjutnya didistribusikan bagi seluruh bagian tubuh yang membutuhkannya.

Bagian-bagian dari usus halus sendiri terbagi menjadi 3 bagian, yakni duodenum (usus 12 jari),jejenum (usus kosong), ileum (usus penyerapan).Pada bagian duodenum kim asam yang dihasilkan dari lambung bercampur dengan getah pencernaan dari pankreas, hati, kandung empedu, dan sel-sel kelenjar pada dinding sel usus halus itu sendiri.

Pada jejenum , makanan mengalami pencernaan secara kimiawi (dengan bantuan enzim) yang dihasilkan dari dinding usus, tekstur makanan pada fase ini lebih encer dan halus. Enzim-enzim yang dihasilkan pada usus halus meliputi : Enterokinase, berfungsi mengaktifkan tripsinogen yang dihasilkan pankreas; Laktase, berfungsi mengubah laktosa (semacam protein susu) menjadi glukosa; Erepsin atau dipeptidase, berfungsi mengubah dipeptida atau pepton menjadi asam amino; Maltase, berfungsi mengubah maltosa menjadi glukosa; Disakarase, berfungsi mengubah disakarida (gula yang memiliki lebih dari 1 monosakarida) menjadi monosakarida (suatu gugus gula yag paling sederhana); Peptidase, berfungsi mengubah polipeptida menjadi asam amino; Sukrase, berfungsi mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa;Lipase berfungsi mengubah trigliserid menjadi asam lemak dan gliserol

Dalam ileum (usus usus penyerapan) terdapat banyak vili (lipatan atau lekukan atau sering disebut jonjot usus). Vili berfungsi memperluas bidang penyerapan usus halus sehingga penyerapan zat makanan akan lebih maksimal.

Selain hal diatas, di usus makanan dicerna dengan bantuan enzim yang secara garis besar terdiri atas tiga kelompok enzim yaitu :

a) Enzim pemecah karbohidrat

Karbohidrat yang banyak ditemukan dalam dinding sel tumbuhan yang merupakan bahan pakan utama ternak ruminansia adalah selulosa. Selulosa tersusun atas komponen dasar penyusun selulosa yang saling berikatan dengan ikatan glikosidik. Pada ternak tidak mempunyai enzim yang dapat memecah ikatan glikosidik ini sehingga perlu bantuan bakteri dan protozoa yang memiliki enzim pemecah ikatan tersebut. Enzim yang bertanggungjawab terhadap pemecahan ikatan glikosidik tersebut adalah karbohidrase. Hasil pemecahan ini adalah disakarida, trisakarida dan polisakarida lain yang berantai lebih pendek. Karbohidrat dibedakan menjadi polisakarida dan oligosakarida. Enzim lain yang bertanggungjawab terhadap pencernaan karbohidrat adalah amilase yang terdapat pada ludah dan pankreas. Amilase ludah bertugas memecah ikatan glikosidik pada pati dan glikogen menjadi maltosa, glukosa dan oligosakarida. Amilase pankreas memecah pati menjadi dekstrin, maltotriosa dan maltosa.

Enzim lain yang penting dalam pencernaan karbohidrat adalah disakarida datau gliukosidae yang akan menyederhanakan disakarida seperti maltosa, laktosa dan sukrosa menjadi glukosa, galaktosa dan fruktosa.

b) Enzim Pencerna Protein

Enzim proteolitik (pemecah protein) terdiri atas dua kelompok yaitu endopeptidase dan eksopeptidase. Kedua jenis enzim tersebut diperlukan untuk pencernaan protein baik pencernaan intraseluler maupun ekstraseluler. Endopeptidase bertanggungjawab untuk memecah ikatan peptida spesifik pada bagian tengah rantai protein. Kelompok enzim ini terdiri atas pepsin, tripsin dan kimotripsin.

Sedangkan eksopeptida berfungsi untuk memutuskan ikatan peptida di bagian ujung rantai polipeptida, baik yang diujung yang mengandung gugus amino maupun dekat ujung yang mengandung gugus karboksil. Pemutusan ikatan peptida dilakukan dengan bantuan enzim aminopeptidase.

c) Enzim Pencernaan Lipid

Pencernaan lipid atau lemak dimulai setelah bahan makanan yang mengandung lipid sampai di usus. Pencernaan terjadi dengan bantuan enzim lipase usus, lipase lambung dan lipase pankreas. Enzim lipase akan menghidrolisis lipid dan trigliserida menjadi digliserida, monogliserida dan asam lemak bebas. Pencernaan lemak ini akan dipermudah oleh keberadaan garam empedu yang mampu menurunkan tegangan permukaan dan mengemulsikan tetes lemak ukuran besar menjadi butiran yang lebih kecil.

Untuk dapat digunakan oleh tubuh bahan pakan yang telah dicerna dengan berbagai aktivitas termasuk bantuan enzim harus diserap oleh tubuh.

Pankreas adalah kelenjar yang terbentuk dari usus 12 jari, terletak di sisi bawah lambung dan berwarna keputihan. Sel-sel penyusun pancreas menghasilkan suatu enzim pencernaan yang melalui saluran pankreas akan dialirkan masuk ke duodenum (usus 12 jari). Pankreas menghasilkan enzim pencernaan dan larutan alkali yang kaya akan senyawa bikarbonat (CO_3). Dalam hal ini bikarbonat berperan sebagai penyeimbang (buffer) atau penetral dari tingkat keasaman kim yang dihasilkan dari lambung.

Enzim-enzim yang dihasilkan oleh pankreas antara lain : Natrium bikarbonat (Na_2CO_3), yang berfungsi menetralkan keasaman isi usus; Amilase, berfungsi mengubah / mencerna amilum (zat pati) menjadi maltosa dan glukosa; Lipase, berfungsi mengubah lemak menjadi campuran asam lemak dan monogliserid; Tripsin dan kimotripsin,

berfungsi mengurai molekul protein; Peptidase, berfungsi mengubah peptida menjadi asam amino; Nuklease, berfungsi mengubah asam nukleat (RNA dan DNA) menjadi komponen nukleotida.

Cairan pankreas dihasilkan di bawah pengaruh hormon, hormon tersebut adalah sekretin dan kolesistokinin. Sekretin berfungsi merangsang produksi pelepasan getah pankreas, sedangkan kolesistokinin berfungsi merangsang empedu untuk menghasilkan bilus yang berisi garam empedu dan bilirubin (zat warna empedu) yang dapat melarutkan lemak. Cara kerja dari kedua hormon tersebut adalah apabila isi lambung (kim asam) masuk ke duodenum, maka sel-sel tertentu pada duodenum akan melepaskan hormon sekretin dan kolesistokinin tadi ke dalam darah.

Selain itu pankreas juga menghasilkan hormon Insulin. Hormon ini disekresikan oleh sel-sel berbentuk pulau-pulau yang disebut pulau Langerhans. Insulin ini berfungsi menjaga gula darah agar tetap dalam keadaan normal dan mencegah diabetes melitus.

7) Hati

Hati memang bukan organ pencernaan, namun cairan yang dihasilkannya sangatlah penting pada proses pencernaan. Cairan yang dihasilkannya yakni cairan empedu mengandung garam dalam empedu yang berguna sekali proses pencernaan lemak. Lemak ini nantinya akan dilarutkan menjadi tetesan-tetesan halus yang akan dengan mudah dicerna dan diserap.

Hati memiliki beberapa fungsi yakni Metabolisme karbohidrat, yakni dengan mempertahankan gula darah. Apabila kadar gula darah rendah maka hati akan memecah glikogen Metabolisme lemak, tugas menjadi glukosa dan mengalirkannya dalam darah hati berikutnya adalah memecah asam lemak untuk meng-hasilkan ATP (Adenosin Tri Phospat) yang merupakan sumber energi. Selain itu mengurai kolestrol untuk membentuk Metabolisem

protein, sel hati garam empedu. menghilangkan gugus amino (NH_2) dari asam amino sehingga asam amino dapat digunakan untuk menghasilkan ATP (Adenosin Tri Phospat) atau diubah menjadi karbohidrat dan lemak. Sisanya yang berupa amoniak (NH_3) yang bersifat racun diubah menjadi urea yang tidak beracun dan Memproses obat-obatan dan hormon, hati juga dikeluarkan bersama urin. berguna untuk menghilangkan zat beracun seperti alkohol, atau Ekskresi bilirubin, bilirubuin mensekresi obat-obatan ke dalam empedu. merupakan perombakan dari sel darah merah yang tua. Bilirubin dimetabolisme oleh bakteri dan dikeluarkan ber-sama tinja (feses).

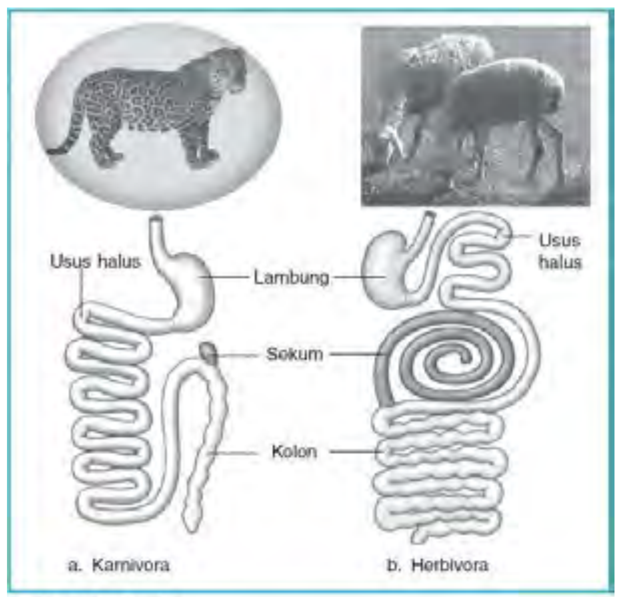
8) Usus Besar

Usus besar atau kolon memiliki panjang kurang lebih 1 meter dan terdiri atas kolon ascendens, kolon transversum, dan kolon descendens. Di antara intestinum tenue (usus halus) dan intestinum crassum (usus besar) terdapat sekum (usus buntu).Pada ujung sekum terdapat tonjolan kecil yang disebut appendiks (umbai cacing) yang berisi massa sel darah putih yang berperan dalam imunitas. Zat-zat sisa di dalam usus besar ini didorong ke bagian belakang dengan gerakan peristaltik. Zat-zat sisa ini masih mengandung banyak air dan garam mineral yang diperlukan oleh tubuh. Air dan garam mineral kemudian diabsorpsi kembali oleh dinding kolon, yaitu kolon ascendens. Zat-zat sisa berada dalam usus besar selama 1 sampai dengan 4 hari. Pada saat itu terjadi proses pembusukan terhadap zat-zat sisa dengan dibantu bakteri *E. coli*, yang mampu membentuk vitamin K dan B_{12}.Selanjutnya dengan gerakan peristaltik, zat-zat sisa ini terdorong sedikit demi sedikit ke saluran akhir dari pencernaan yaitu rectum dan akhirnya keluar dengan proses defekasi melewati anus/rektum.

Defekasi diawali dengan terjadinya penggelembungan pada bagian rektum akibat suatu rangsang yang disebut refleks gastrokolik. Kemudian akibat adanya aktivitas kontraksi rektum dan otot sfinkter yang berhubungan

mengakibatkan terjadinya defekasi. Di dalam usus besar ini semua proses pencernaan telah selesai dengan sempurna.

Hewan memamah biak (ruminansia) memiliki saluran pencernaan makanan yang terdiri dari mulut, kerongkongan, rumen (perut besar), retikulum (perut jala), omasum (perut kitab), abomasum (perut masam), usus halus, usus besar, rektum, dan anus . Sistem pencernaan pada hewan memamah biak memiliki beberapa persamaan dan perbedaan dengan sistem pencernaan manusia. Perbedaan antara sistem pencernaan hewan memamah biak dengan manusia adalah terletak pada susunan dan fungsi gigi serta lambungnya.



Sumber: *Biology Campbell*

Gambar 11. Perbandingan Saluran Pencernaan Karnivora dan Usus Ruminansia

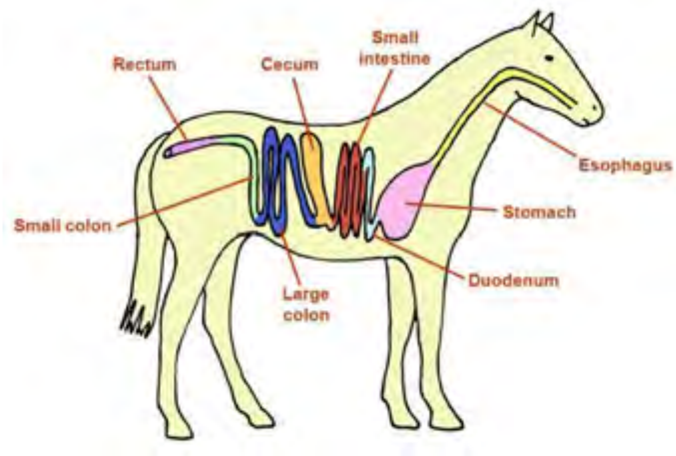
b). Sistem Pencernaan Hewan Non Ruminansia

Pernahkan anda mengamati kuda yang sedang makan? Berbeda dengan hewan ruminansia, pada hewan non rumiansia atau dikenal juga dengan hewan monogastrik karena lambungnya hanya terdiri atas satu buah lambung. Pada hewan non ruminansia ini ada dua jenis yaitu hewan monogastrik dan unggas

yang juga berbeda dalam sistem pencernaannya. Hewan monogastrik karena struktur lambung yang berbeda maka agar pakan dapat tercerna dengan baik maka struktur gigi pada hewan non ruminansia juga berbeda dengan hewan ruminansia. Gigi pada hewan monogastrik lebih banyak berperan dalam pencernaan secara mekanis. Makanan yang sudah ditelan tidak dikeluarkan lagi untuk pengunyahan kedua. Pada hewan ini pengunyahan hanya dilakukan satu kali saja. Ada beberapa hewan yang termasuk monogastrik seperti kuda dan babi. Pada unggas pencernaan dibantu oleh empedal atau disebut juga gizzard, dimana dalam empedal ini terjadi pencernaan secara mekanis oleh dinding empedal. Pada kuda caecum sangat berperan dalam pencernaan hijauan.

Hewan seperti kuda, kelinci, dan marmut tidak mempunyai struktur lambung seperti pada sapi untuk fermentasi seluIosa. Proses fermentasi atau pembusukan yang dilaksanakan oleh bakteri terjadi pada sekum yang banyak mengandung bakteri. Proses fermentasi pada sekum tidak seefektif fermentasi yang terjadi di lambung. Akibatnya kotoran kuda, kelinci, dan marmut lebih kasar karena proses pencernaan selulosa hanya terjadi satu kali, yakni pada sekum. Sedangkan pada sapi proses pencernaan terjadi dua kali, yakni pada lambung dan sekum yang kedua-duanya dilakukan oleh bakteri dan protozoa tertentu. Pada kelinci dan marmut, kotoran yang telah keluar tubuh seringkali dimakan kembali. Kotoran yang belum tercerna tadi masih mengandung banyak zat makanan, yang akan dicernakan lagi oleh kelinci. Sekum pada pemakan tumbuh-tumbuhan lebih besar dibandingkan dengan sekum karnivora. Hal itu disebabkan karena makanan herbivora bervolume besar dan proses pencernaannya berat, sedangkan pada karnivora volume makanan kecil dan pencernaan berlangsung dengan cepat. Usus pada sapi sangat panjang, usus halusnya bisa mencapai 40 meter. Hal itu dipengaruhi oleh makanannya yang sebagian besar terdiri dari serat (selulosa). Enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri ini tidak hanya berfungsi untuk mencerna selulosa menjadi asam lemak, tetapi juga dapat menghasilkan bio gas yang berupa CH4 yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. **Perbedaan sistem pencernaan ruminansia**

dan non ruminansia terletak pada struktur gigi dan lambung, sedangkan proses yang lain-lain sama.



Gambar 12. Alat Pencernaan pada Kuda

c). Sistem Pencernaan Ayam

Sistem pencernaan ayam terdiri atas 9 bagian yaitu paruh, Esophagus, Tembolok, proventrikulus, gizzard,usus halus, usus buntu, rectum dan kloaka.

Paruh ayam merupakan tempat pertama kali masuk system pencernaan ayam, Ayam tidak mempunyai gigi sehingga pakan pertama kali masuk kedalam saluran pencernaan setelah dipatuk oleh paruh dan tanpa mengalami pengunyahan masuk kedalam saluran pencernaan.

Alat pencernaan pada ayam terdiri dari mulut, kerongkongan (*esopagus*), tembolok (*crop*), perut kelenjar (proventrikulus), ampela (*ventrikulus*), Hati (*hepar*), usus halus/usus kecil (*small intestine*), usus buntu (*ceca*), usus besar (*large intestine*) dan kloaka.

Secara anatomis dan fisiologis, sistem pencernaan pada bangsa unggas merupakan sistem pencernaan yang sederhana, karena hanya tersedia tempat yang sempit di dalam usus untuk kehidupan jasad renik untuk membantu mencerna pakan. Oleh karena itu unggas sangat tergantung dari enzim yang dikeluarkan oleh organ pencernaannya untuk mencerna pakan agar mudah

diserap oleh tubuh. Bila pakan tidak dapat dicerna dengan enzim, maka pakan tersebut tidak banyak bermanfaat bagi tubuh.

Setiap bagian organ pencernaan tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda:

1) Mulut

Mulut unggas tidak memiliki bibir dan gigi. Peranan bibir dan gigi pada ayam digantikan oleh rahang bawah dan rahang atas yang menanduk dalam bentuk paruh. Mulut berfungsi untuk minum dan memasukkan pakan, menghasilkan air liur yang mengandung enzim *amilase*. (enzim pengurai makanan) dan mempermudah pakan masuk ke kerongkongan.

2) Kerongkongan,

Berfungsi untuk menyalurkan makanan ke tembolok

3) Tembolok

Merupakan organ berbentuk seperti kantong, yang merupakan pelebaran dari kerongkongan. Proses pencernaan pada tembolok sangat kecil terjadi. Fungsi utama tembolok adalah untuk penampung pakan sementara sebelum proses selanjutnya.

Di dalam tembolok pakan mengalami proses pelunakan dan pengasaman agar mudah dicerna pada organ pencernaan selanjutnya.

4) Perut kelenjar (proventrikulus)

Merupakan pelebaran dan penebalan ujung akhir dari kerongkongan. Berfungsi sebagai penghasil enzim pencernaan yaitu *pepsin* (enzim pengurai protein) dan penghasil asam lambung (*hydrochloric acid)*. Di dalam proventrikulus ini terjadi pencernaan kimiawi, oleh enzim pepsin dan hydrochloric acid.

5) Ampela (empedal)

Ampela memiliki otot yang kuat dan permukaan yang tebal, berfungsi sebagai pemecah makanan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Dengan bantuan batu-batu kecil (*grade*) yang sengaja di makan, di dalam ampela terjadi proses pencernaan secara mekanis.

6) Hati/hepar

Hati berfungsi menyaring darah dan menyimpan glikogen yang akan diedarkan ke seluruh tubuh melalui peredaran darah. Salah satu peranan terpenting dari hati dalam proses pencernaan adalah menghasilkan getah empedu yang disalurkan ke dalam *duodenum* melalui dua buah saluran. Getah tersebut disimpan di dalam kantong yang disebut kantong empedu yang terletak di *labus* kanan hati. Sedangkan lobus kirinya tidak terdapat kantong empedu, tetapi membentuk saluran yang langsung berhubungan dengan duodenum.

Pakan yang masuk ke dalam duodenum akan memacu kantong empedu untuk mengkerut dan mengeluarkan getah empedu ke dalam duodenum yang dapat membantu penyerapan lemak oleh usus halus.

7) Usus halus / usus kecil

Bagian ini dimulai dengan usus duabelas jari (duodenum) dan diakhiri dengan usus halus yang berbatasan dengan usus besar. Fungsi utama bagian ini adalah penyerapan sari makanan. Dinding usus halus memiliki jonjot yang lembut dan menonjol yang berfungsi sebagai penggerak pakan yang masuk dan juga memperluas permukaan untuk proses penyerapan sari makanan. Pada bagian ini terdapat *pancreas* yang menghasilkan enzim *amilase, lipase dan tripsin*. Enzim-enzim tersebut berfungsi untuk menguraikan protein dan karbohidrat. Hasilnya akan diserap oleh dinding usus halus dan diedarkan ke seluruh tubuh.

8) Usus buntu

Fungsi usus buntu belum diketahui secara pasti, namun ada yang berpendapat bahwa usus buntu berfungsi membantu mencerna pakan yang memiliki kadar serat kasar yang tinggi melalui aksi jasad renik yang ada di dalamnya.

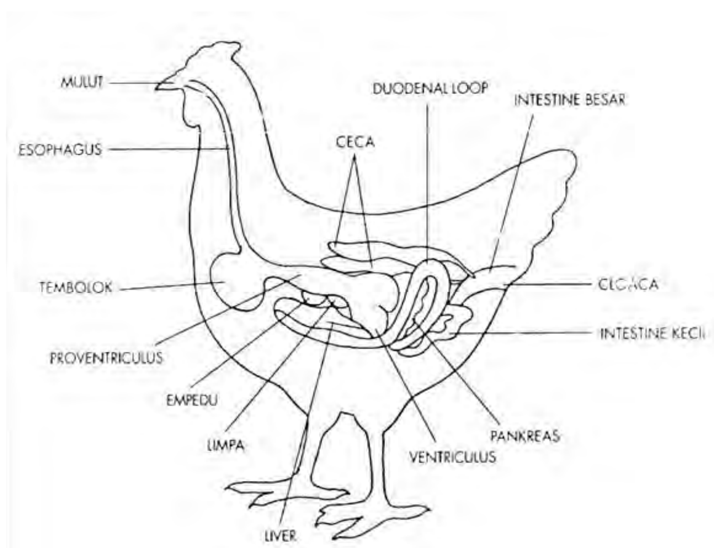
9) Usus besar

Berfungsi sebagai penambah kandungan air dan menjaga keseimbangan air dalam tubuh unggas.

10) Kloaka

Kloaka merupakan organ yang berkaitan dengan saluran pencernaan, saluran kencing dan saluran reproduksi. Pada organ ini bertaut *bursa fabricus* pada sisi atasnya.

Air kencing yang sebagian besar merupakan endapan asam urat (dalam bentuk pasta berwarna putih) dikeluarkan melalui kloaka bersama sisa pencernaan (tinja).



Gambar 13. Sistem Pencernaan pada Unggas

MENGUMPULKAN INFORMASI / MENCOBA :

1. Cari informasi dari berbagai sumber (internet, modul, buku–buku referensi, serta sumber–sumber lain yang relevan) tentang system pencernaan hewan ruminansia dan non ruminansia !
2. Lakukan pengamatan system pencernaan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan menggunakan lembar kerja sebagai berikut :

1. Lembar Kerja : Pendugaan Umur Hewan

Setelah membaca informasi diatas anda dapat melakukan pendugaan terhadap umur hewan yang ada di sekolah. Dengan kelompok yang sama dengan pada pembelajaran pertama , setiap kelompok melakukan pendugaan terhadap umur hewan yang disediakan. Lakukan penanganan hewan dengan hati-hati. Dekati hewan dengan hati-hati, pegang tali kendali hewan. Usahakan hewan tidak menjadi stress, usahakan hewan tetap dalam kondisi tenang. Kemudian secara hati-hati lakukan pengamatan terhadap kondisi mulutnya dengan cara membuka mulut hewan secara hati-hati dan kemudian amati :

1. Bagaimana kondisi giginya ? Jarang atau rapat?
2. Apakah sudah terjadi pergantian gigi susu menjadi gigi tetap?
3. Berapa gigi seri yang sudah berganti menjadi gigi tetap?
4. Perhatikan gigi yang lainnya , apakah sudah terjadi penggantian gigi?
5. Perhatikan juga apakah sudah terjadi pengausan gigi? Sampai sejauh mana terjadinya keausan permukaan gigi yang anda amati ?
6. Buat skema gigi hewan tersebut dan bandingkan dengan referensi untuk menduga umur hewan tersebut.
7. Lakukan kegiatan tersebut pada hewan ruminansia yang lainnya.
8. Tuliskan hasil pendugaan tersebut dipapan tulis
9. Bandingkan dengan hasil pendugaan kelompok lainnya
10. Bandingkan dengan rekording yang ada (kalau ada catatan kelahiran hewan).
11. Apakah ada perbedaan yang signifikan? kalau ada perbedaan yang cukup signifikan diskusikan mengapa demikian!
12. Buat kesimpulan terhadap hasil pengamatan dan diskusi anda.

Hasil Pengamatan Pendugaan Umur Hewan

Jenis Hewan :..

Jenis Kelamin :..

1. Kondisi gigi :

   ....

   ....

2. Pergantian Gigi Susu :

   ....

   ....

3. Pergantian Gigi Seri :

   ....

   ....

4. Pergantian Gigi lainnya :

   ....

   ....

5. Keausan Gigi :

   ....

   ....

6. Kesimpulan pendugaan umur hewan :

   ....

   ....

2. Lembar Kerja : Enzim dalam Mulut

1. Siapkan bahan makanan seperti beras, jagung , kacang, dan sayuran
2. Cuci bahan makanan tersebut hingga bersih
3. Kunyah salah satu bahan makanan tersebut sampai halus
4. Apa yang dapat anda rasakan ?
5. Kumur dan kemudian lakukan hal sama terhadap bahan makanan yang lain, apa yang anda rasakan ?
6. Catat hasil kegiatan anda di lembar hasil pengamatan
7. Bandingkan dengan hasil teman anda
8. Diskusikan dan buat kesimpulan terhadap kegiatan anda.

Hasil Pengamatan

Nama :……………………………………………….
Nama Sekolah :…………………………………………………

No	Nama Bahan	Rasa	Keterangan
1	Jagung		
2	Beras		
3	Kacang Hijau		
4	Kacang Merah		
5	………………		

Pembahasan :

………

………

………

………

………..

Kesimpulan :

………

………

………

………..

3. Lembar Kerja : Pengamatan Tingkah Laku Makan dan Feses Hewan

Tujuan :

1. Mengetahui tatacata atau tingkah laku hewan bila sedang makan
2. Mengetahui kondisi fisik sisa hasil pencernaan.

Bahan dan Alat :

1. Hewan ruminansia
2. Hewan non ruminansia (unggas dan kuda)
3. Pakan Unggas
4. Rumput

Langkah Kerja :

A. Pengamatan terhadap tingkah laku cara hewan makan

1. Lakukan pengamatan tingkah laku hewan ruminansia yang sedang makan
2. Lakukan pengamatan tingkah laku kuda yang sedang makan
3. Lakukan pengamatan terhadap unggas yang sedang makan
4. Diskusikan bersama dalam kelas, bandingkan dengan referensi yang ada.
5. Simpulkan perbedaan dan persamaan antara ketiga jenis hewan tersebut dalam cara makan.

B. Pengamatan terhadap feses hewan

1. Lakukan pengamatan terhadap feses hewan sapi
2. Lakukan pengamatan terhadap feses kuda
3. Lakukan pengamatan terhadap feses ayam
4. Identifikasi perbedaan antara feses sapi dan kuda
5. Identifikasi perbedaan antara feses sapi, kuda dan ayam
6. Diskusikan mengapa ada perbedaan
7. Simpulkan.

Lembar Pengamatan Tugas Sistem Pencernaan Hewan

Nama	:………………………………………………………………………………

Sekolah	:………………………………………………………………………………

Kelas	:………………………………………………………………………………

A. Hasil Pengamatan terhadap tingkah laku cara makan :

No	Nama hewan	Cara mengambil pakan	Cara mengunyah	Cara Menelan	Keterangan
1	Sapi				
2	Domba				
3	Kuda				
4	Kucing				
5	Ayam				

Pembahasan :

……

……

……

……

Kesimpulan :

……

……

……

……

B. Hasil Pengamatan terhadap Feses

No	Nama Hewan	Konsistensi	Tekstur	Warna
1	Sapi			
2	Domba			
3	Kuda			
4	Kucing			
5	Ayam			

Pembahasan :

……

……

……

………

Kesimpulan :

……

……

……

………

MENGKOMUNIKASIKAN :

Berdasarkan hasil pengamatan, pengumpulan informasi dan identifikasi serta asosiasi yang telah Anda lakukan :

1) Buatlah laporan tertulis secara individu!
2) Buatlah bahan presentasi dan presentasikan di depan kelas secara kelompok!

3. Refleksi

Setelah Anda mempelajari materi system pencernaan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia, harap jawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a. Pertanyaan:

   Hal-hal apa saja yang dapat Anda lakukan tekait dengan materi system pencernaan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

b. Pertanyaan:

   Pengalaman baru apa yang Anda peroleh dari materi system pencernaan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

c. Pertanyaan:

Manfaat apa saja yang Anda peroleh dari materi system pencernaan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

d. Pertanyaan:

Aspek menarik apa saja yang Anda temukan dalam materi system pencernaan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

4. Tugas

a. Buatlah kliping sistem syaraf pencernaan ruminansia dan non ruminansia!

b. Lakukan observasi (pengamatan) terhadap sistem pencernaan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

   1) Membaca uraian materi pada buku teks ini tentang sistem pencernaan ruminansia dan non ruminansia

   2) Mencari informasi di lokasi setempat yang berkaitan sistem pencernaan ruminansia dan non ruminansia

   3) Mengamati suatu proses yang berkaitan sistem pencernaan ruminansia dan non ruminansia

c. Buatlah minimal 3 pertanyaan terhadap hal-hal yang belum Anda pahami atau perlu penjelasan dari hasil observasi yang berkaitan sistem pencernaan ruminansia dan non ruminansia

5. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Enzim yang berperan memecah karbohidrat didalam mulut adalah
   a. Ptialin
   b. Lipase
   c. Amilase
   d. Bukan salah satu diatas

2. Enzim yang bukan merupakan enzim pemecah protein adalah
   a. amilase
   b. tripsin
   c. kimotripsin
   d. pepsin

3. Tempat pencernaan serat pada unggas adalah
   a. Duodenum
   b. Caecum
   c. Ileum
   d. Yeyunum

4. Lidah berfungsi untuk :
   a. alat asesori dalam mulut
   b. sebagai alat untuk membantu pencernaan
   c. Alat untuk membasahi makanan
   d. Alat untuk membantu mengatur posisi makanan

5. Setelah dikunyah yang kedua kali, pakan pada hewan ruminansia masuk kedalam
   a. Rumen
   b. Retikulum
   c. Omasum
   d. Abomasum

6. Makanan dalam mulut mengalami :

a. Pencernaan

b. Pencernaan enzimatis

c. Pencernaan mekanis

d. Pencernaan mekanis dan enzimatis

7. Pada unggas pencernaan mekanis terjadi dalam organ :

a. Mulut

b. Esophagus

c. Gizzard

d. Caecum

8. Hati dalam system pencernaan berfungsi untuk :

a. Mengeluarkan enzim lipase

b. Mengeluarkan enzim amylase

c. Mengeluarkan enzim tripsin

d. Mengeluarkan getah empedu

9. Pada kuda pencernaan selulosa dilakukan di organ

a. Lambung

b. Usus

c. Caecum

d. Kolon

10. Penyerapan sari makanan dalam tubuh dilakukan secara

a. difusi

b. Osmosis

c. Difusi dan osmosis

d. bukan salah satu diatas

C. Penilaian

1. Penilaian Sikap

Anda diminta untuk melakukan penilaian diri. Penilaian ini dilakukan cara sebagai berikut :

1) Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2) berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

a. Sikap Spiritual

	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan				
3	Memberi salam sebelum dan sesudah menyampaikan pendapat/presentasi				
4	Mengungkapakan kekaguman secara lisan maupun tulisan terhadap Tuhan saat melihat kebesaran Tuhan				
5	Merasakan keberadaan dan kebesaran Tuhan saat mempelajari ilmu pengetahuan				
Jumlah Skor					

b. Sikap Jujur

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas				
3	Mengungkapkan perasaan terhadap sesuatu apa adanya				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya				
5	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki				
Jumlah Skor					

c. Sikap Disiplin

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

2. Penilaian Pengetahuan

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih**.**

1. Enzim yang berperan memecah karbohidrat didalam mulut adalah
    a. Ptialin
    b. Lipase
    c. Amilase
    d. Bukan salah satu diatas
2. Enzim yang bukan merupakan enzim pemecah protein adalah
    a. amilase
    b. tripsin
    c. kimotripsin
    d. pepsin
3. Tempat pencernaan serat pada unggas adalah
    a. Duodenum
    b. Caecum
    c. Ileum
    d. Yeyunum
4. Lidah berfungsi untuk :
    a. alat asesori dalam mulut
    b. sebagai alat untuk membantu pencernaan
    c. Alat untuk membasahi makanan
    d. Alat untuk membantu mengatur posisi makanan
5. Setelah dikunyah yang kedua kali, pakan pada hewan ruminansia masuk kedalam
    a. Rumen
    b. Retikulum
    c. Omasum
    d. Abomasum

6. Makanan dalam mulut mengalami :
    a. Pencernaan
    b. Pencernaan enzimatis
    c. Pencernaan mekanis
    d. Pencernaan mekanis dan enzimatis
7. Pada unggas pencernaan mekanis terjadi dalam organ :
    a. Mulut
    b. Esophagus
    c. Gizzard
    d. Caecum
8. Hati dalam system pencernaan berfungsi untuk :
    a. Mengeluarkan enzim lipase
    b. Mengeluarkan enzim amylase
    c. Mengeluarkan enzim tripsin
    d. Mengeluarkan getah empedu
9. Pada kuda pencernaan selulosa dilakukan di organ
    a. Lambung
    b. Usus
    c. Caecum
    d. Kolon
10. Penyerapan sari makanan dalam tubuh dilakukan secara
    a. difusi
    b. Osmosis
    c. Difusi dan osmosis
    d. bukan salah satu diatas

3. Penilaian Ketrampilan

Untuk penilaian ketrampilan dilakukan dengan memberikan tanda "√" pada kolom "Ya" bila jawaban anda sesuai dan pada kolom "Tidak" bila jawaban tidak sesuai dengan kriteria.

1. Jelaskan mekanisme pencernaan pada hewan ruminansia!

No	Pernyataan	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Penjelasan disampaikan secara jelas			Keterampilan komunikasi
2	Penjelasan disampaikan dengan sekuensi yang benar			Keterampilan komunikasi
3	Penjelasan disampaikan dengan benar			Kebenaran materi
4	Penjelasan setiap tahapan dilakukan dengan benar			
5	Penyebutan bagian-bagian dilakukan dengan benar			

2. Jelaskan perbedaan system pencernaan hewan ruminansia dengan unggas!

No	Pernyataan	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Penjelasan disampaikan secara jelas			Ketrampilan komunikasi
2	Penyebutan bagian-bagian system pencernaan ruminansia disampaikan dengan benar			
3	Penyebutan bagian-bagian system pencernaan unggas dilakukan dengan benar			
4	Perbedaan disampaikan dengan benar			
5	Alasan perbedaan disampaikan dengan benar			

3. Lakukan pemeriksaan pada gigi sapi untuk menduga umur sapi tersebut!

No	Pernyataan	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Peralatan disiapkan dengan benar			Ketrampilan komunikasi
2	Penanganan hewan dilakukan dengan benar dan aman			Ketrampilan komunikasi
3	Mulut hewan dibuka dengan benar			Kebenaran materi
4	Pengamatan gigi dilakukan dengan benar			
5	Hasil pendugaan umur dilakukan dengan benar			

Kegiatan Pembelajaran 2. Sistem Pernapasan

A. Deskripsi

Bagian buku ini akan menjelaskan tentang Sistem Pernapasan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi Sistem Pernapasan pada hewan rumiansia dan hewan non ruminansia, anda dapat :

a. Menalar system pernapasan hewan ruminansia
b. Menalar system pernapasan hewan non ruminansia

Alokasi Waktu : Waktu Pembelajaran : 16 JP (4 JP x 4 minggu)

2. Uraian Materi.

MENGAMATI / OBSERVASI :

Lakukan pengamatan terhadap system pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

1. Membaca uraian materi tentang system pernapasan hewan ruminansia dan, non ruminasia.
2. Mencari informasi di lokasi setempat tentang system pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia melalui internet, buku, modul atau sumberlainnya
3. Mengamati suatu proses yang berkaitan dengan system pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia.

a). Pendahuluan

Semua makhluk yang masih hidup selalu melakukan aktivitas bernapas. Bernapas adalah proses untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk metabolisme sehingga didapatkan energi untuk melakukan proses kehidupan organisme tersebut. Dalam bernapas dikeluarkan karbondioksida. Bagaimana jadinya apabila tidak ada mekanisme yang dapat merubah karbondioksida hasil pernapasan menjadi oksigen, maka pasti dimana-mana terjadi kekurangan oksigen. Kita harus mensyukuri Tuhan telah menciptakan mekanisme yang dapat membuat keseimbangan antara oksigen dan karbondiksida. Dalam udara bebas terdapat oksigen yang dapat memenuhi kebutuhan seluruh makhluk hidup akan oksigen. Oksigen yang ada diudara sebagian besar merupakan hasil fotosistesis yang dilakukan oleh tumbuhan. Oleh karena itu pada siang hari yang panas, kita akan merasa sejuk berada dibawah pohon. Pohon tersebut dengan bantuan sinar matahari melakukan fotosintesis. Dalam proses fotosintesis memerlukan karbondioksida yang kita keluarkan dalam bernapas dan salah satu hasilnya adalah oksigen yang kita butuhkan dalam bernapas. Bayangkan kalau tidak ada pohon, bagaimana kebutuhan oksigen dapat terpenuhi? Oleh karena itu dalam rangka menjaga keseimbangan oksigen dan karbondioksida kita perlu melestarikan pohon, bahkan perlu melakukan penanaman pohon .

Kita patut bersyukur pada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah menciptakan mekanisme sehingga terus terjadi keseimbangan pada oksigen dan Karbondioksida dalam rangka memenuhi kebutuhan makhluknya untuk bernapas. Pernahkan anda mendengar ungkapan hutan adalah paru-paru dunia? Ungkapan ini berarti bahwa hutan adalah alat yang dapat menukar karbondioksida yang ada dialam dengan oksigen, hutan dapat membersihkan karbondioksida dan menggantikannya dengan oksigen. Dewasa ini banyak kota-kota besar yang memprogramkan untuk membuat paru-paru kota,

dimana dikawasan tersebut terdapat pohon-pohon yang dilindungi, tidak boleh ditebang dengan harapan pohon-pohon tersebut dapat memenuhi kebutuhan oksigen yang bersih dan menghilangkan karbondioksida melalui fotosintesis yang dilakukannya.



Gambar 14. Siklus oksigen dan karbondioksida

b). Bagaimana makhluk hidup bernapas ?

Pertukaran gas antara hewan dan lingkungannya dapat terjadi dengan cara difusi sederhana. Pada beberapa hewan terutama hewan akuatik berukuran kecil , pertukaran gas dapat terjadi melalui seluruh permukaan tubuhnya. Sedangkan untuk hewan yang berukuran besar dan semakin kompleks aktivitasnya tidak dapat dipenuhi dengan cara tersebut . Pernafasan pada hewan yang lebih besar seperti pada ternak memerlukan organ khusus yang

memungkinkan berlangsungnya pertukaran gas dengan cara yang lebih cepat.

Berdasarkan lingkungan hidupnya, alat respirasi pada hewan dapat dibedakan menjadi organ respirasi akuatik untuk yang hidup di air dan respirasi terestrial untuk hewan yang hidup didarat. Organ respirasi akuatik berupa permukaan tubuh atau insang, sedang organ respirasi terestrial bisa berupa paru-paru difusi, paru-paru buku, trakhea, dan paru-paru alveoler. Paru-paru pada amphibi masih sederhana dan kurang elastis sehingga belum bisa memenuhi kebutuhan hidupnya. Oleh karena itu pada amphibi masih dibantu dengan seluruh permukaan tubuhnya untuk memenuhi oksigen yang dibutuhkan. Paru-paru yang telah sempurna adalah paru-paru pada mamalia.

Pada mamalia, fase inspirasi yang merupakan proses aktif terjadi karena konstraksi otot diantara tulang-tulang iga dan diafraghma. Kontraksi tersebut menyebabkan rongga dada serta paru-paru mengembang dan menyebabkan tekanan negatip dalam rongga dada sehingga udara dapat masuk kedalamnya. Sedangkan fase ekspirasi terjadi karena relaksasi otot inspiratori tersebut dan pengerutan dinding alveole.

Pengangkutan oksigen dalam tubuh hewan dilakukan dengan melarutkannya dalam darah. Pada hewan invertebrata karena aktivitas tubuhnya masih terbatas kebutuhan oksigen masih dapat disuplai dengan sistem yang ada. Sedangkan pada mamalia kebutuhan oksigennya sangat tinggi sehingga diperlukan pigmen respirasi dalam darahnya. Hemoglobin adalah salah satu pigmen respirasi . Dengan hemoglobin darah dapat mengangkut 20 kali lipat dibanding darah yang tidak berhemoglobin.

Alat respirasi pada hewan bervariasi antara hewan yang satu dengan hewan yang lain, ada yang berupa paru-paru, insang, kulit, trakea, dan paru-paru buku, bahkan ada beberapa organisme yang belum mempunyai alat khusus sehingga oksigen berdifusi langsung dari lingkungan ke dalam tubuh,

contohnya pada hewan bersel satu, porifera, dan coelenterata. Pada ketiga hewan ini oksigen berdifusi dari lingkungan melalui rongga tubuh.

Sistem pernapasan atau sistem respirasi adalah sistem organ yang digunakan untuk pertukaran gas. Pada hewan berkaki empat, sistem pernapasan umumnya termasuk saluran yang digunakan untuk membawa udara ke dalam paru-paru di mana terjadi pertukaran gas. Diafragma menarik udara masuk dan juga mengeluarkannya. Berbagai variasi sistem pernapasan ditemukan pada berbagai jenis makhluk hidup. Bahkan pohon pun memiliki sistem pernapasan.

Pernapasan adalah kegiatan makhluk hidup yang sangat penting. Pernahkah anda berpikir apa yang terjadi seandainya kita sulit bernapas ? Kita tahu bahwa makhluk hidup telah dilengkapi oleh alat yang mampu menghirup udara, sehingga kebutuhan akan oksigen terpenuhi, karena tanpa oksigen aktivitas dalam tubuh makhluk hidup tidak dapat berlangsung. Organ-organ apa saja yang berperan dalam pernafasan? Bagaimana hewan bernapas dan mendapatkan oksigen ? Gangguan apa saja yang terjadi dalam sistem pernapasan?

Bernapas adalah aktivitas dalam makhluk hidup yang meliputi :

1. Kegiatan mengambil udara (inspirasi) dan mengeluarkan udara (ekspirasi) melalui alat pernapasan.
2. Pertukaran gas antara sel dengan lingkungan (respirasi eksternal).
3. Reaksi enzimatik, pemanfaatan oksigen memerlukan enzim pernapasan (sitokrom).

Sistem pernafasan atau dikenal juga dengan sistem respirasi berfungsi untuk memasok oksigen kedalam tubuh dan membuang CO_2 dari dalam tubuh. Proses pernafasan pada ternak dikenal dua pernafasan, yaitu:

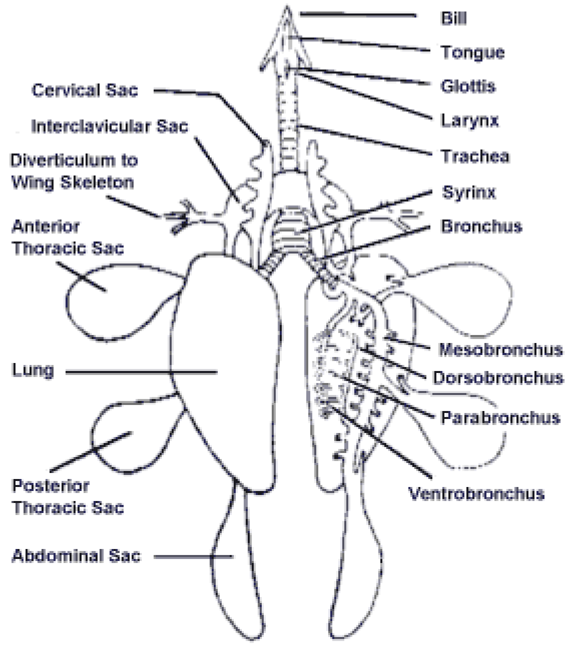
1. Pernafasan eksternal yaitu aktivitas bernafas dengan menghirup dan mengeluarkan udara

2. Pernafasan internal atau dikenal dengan respirasi internal adalah merupakan proses penggunaan oksigen oleh sel tubuh dan pembuangan sisa metabolisme sel yang berupa CO_2

Seperti disebutkan diatas alat dan mekanisme pernapasan sangat tergantung dari jenis hewannya . Pada buku ini kita akan membahas pernapasan yang dilakukan oleh unggas dan pernapasan yang dilakukan oleh hewan ruminansia.

c). Bagaimana Unggas Bernapas ?

Pada unggas, tempat berdifusinya gas pernapasan hanya terjadi di paru-paru. Paru-paru unggas berjumlah sepasang dan terletak dalam rongga dada yang dilindungi oleh tulang rusuk. Jalur pernapasan pada burung berawal di lubang hidung. Pada tempat ini, udara masuk kemudian diteruskan pada celah tekak yang terdapat pada dasar faring yang menghubungkan trakea. Trakeanya panjang berupa pipa bertulang rawan yang berbentuk cincin, dan bagian akhir trakea bercabang menjadi dua bagian, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Dalam bronkus pada pangkal trakea terdapat sirink yang pada bagian dalamnya terdapat lipatan-lipatan berupa selaput yang dapat bergetar. Bergetarnya selaput itu menimbulkan suara. Bronkus bercabang lagi menjadi mesobronkus yang merupakan bronkus sekunder dan dapat dibedakan menjadi ventrobronkus (di bagian ventral) dan dorsobronkus (di bagian dorsal). Ventrobronkus dihubungkan dengan dorsobronkus, oleh banyak parabronkus (100 atau lebih).



Gambar 15. Kantung Udara pada unggas

Organ pernapasan pada unggas terdiri dari rongga hidung atau sinus, batang tenggorok atau trachea, cabang batang tenggorok atau bronkus, paru dan kantong udara. Pada bangsa unggas udara dihirup masuk ke paru-paru, diteruskan ke dalam kantong udara. Perubahan tekanan dalam kantong udara menyebabkan udara dapat keluar masuk paru. Organ pernapasan berfungsi untuk pertukaran udara yang masuk dan yang keluar dari tubuh unggas. Dengan kata lain berfungsi sebagai tempat pertukaran antara oksigen yang masuk ke dalam tubuh unggas dan karbondioksida yang dikeluarkan dari tubuh unggas. Organ pernapasan juga berfungsi untuk mengatur suhu tubuh. Organ pernapasan pada unggas terdiri atas :

1) Paru

Paru merupakan organ yang sangat penting peranannya dalam proses pernapasan. Fungsi utamanya adalah untuk mencukupi kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh tubuh untuk proses metabolismne. Paru juga berfungsi untuk mengeluarkan kabondioksida sebagai sisa hasil dari

metabolisme. Struktur paru pada unggas sangat kaku, dan sangat sedikit terjadi gerakan mengembang/mengempis selama proses pernapasan.

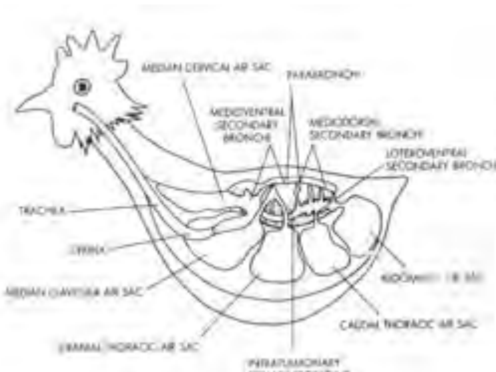
2) Kantong Udara

Kantong udara pada unggas berbeda dengan hewan mamalia. Pada unggas terdapat empat pasang kantong udara. Letaknya diantara leher sampai dinding perut dengan satu kantong median di dalam rongga dada. Kantong ini membuka ke dalam paru dan berhubungan dengan tulang pneumatik.

Kantong udara terdiri atas suatu rongga dengan dinding jaringan yang tipis dan halus sehingga sulit dikenali pada saat mengempis, sehingga sewaktu dilakukan bedah bangkai perlu perhatian yang lebih seksama.

3) Pita Suara

Suara unggas dihasilkan oleh pita suara atau jakun bagian bawah yang terdapat pada batang tenggorok, yaitu percabangan bronkhi menjadi dua. Pita suara merupakan satu-satunya bagian alat pernapasan yang mampu menghasilkan suara, sedangkan jakun bagian atas bertindak sebagai pembentuk suara.



Gambar 16. Sistem Pernapasan pada Unggas

Laju respirasi diatur oleh kandungan karbondioksida dalam darah. Apabila kandungan karbondioksida meningkat maka laju respirasi juga semakin meningkat. Frekwensi pernafasan pada unggas yang sedang istirahat berkisar antara 15 – 25 kali/ menit. Pada burung inspirasi terjadi karena kontraksi otot-otot respiratory yang mendorong tulang iga ke arah depan, sehingga menghasilkan gerakan sternum ke depan dan ke bawah. Tulang-tulang iga lainnya bergerak ke arah lateral dan meyebabkan peningkatan volume tubuh. Pada kondisi tersebut paru-paru dan kantong udara ikut mengembang, sehingga tekanan gas dalam paru-paru dan kantong udara turun yang berakibat masuknya udara kedalam dua organ tersebut. Atau dengan kalimat lain apabila unggas menarik napas, otot inspirasi akan meningkatkan volume rongga tubuh yang menghasilkan tekanan negatip sehingga udara segar akan masuk kedalam paru-paru dan kantong udara.

Selama pelepasan pernapasan otot ekspirasi mengurangi volume rongga tubuh untuk menekan udara keluar kantong udara dan kembali kedalam paru-paru, lalu keluar tubuh.

Pernapasan dada adalah pernapasan yang melibatkan otot antar tulang rusuk. Mekanismenya dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Fase inspirasi. Fase ini berupa berkontraksinya otot antar tulang rusuk sehingga rongga dada membesar, akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.
2. Fase ekspirasi. Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot antara tulang rusuk ke posisi semula yang dikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.

Pernapasan perut adalah pernapasan yang melibatkan otot diafragma. Mekanismenya dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Fase inspirasi. Fase ini berupa berkontraksinya otot diafragma sehingga rongga dada membesar, akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.
2. Fase ekspirasi. Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot diaframa ke posisi semula yang dikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.

d). Bagaimana mekanisme pernapasan?

Pernapasan merupakan fungsi fisiologis yang menjamin proses-proses oksidasi baik tingkat sel (pertukaran sel dengan lingkungan internal) maupun tingkat pertukaran organisme dengan lingkungan eksternal. Ketersediaan oksigen secara permanen merupakan faktor yang sangat penting bagi sebagian besar sel hewan. Hal ini dikarenakan metabolisme anaerob sangat jarang terjadi pada tubuh hewan dalam penyediaan energi dan tidak ada system cadangan yang dapat menyimpan oksigen lebih lama seperti pada system cadangan energi zat makanan. Oksigen selalu dipenuhi dari pertukaran melalui difusi sederhana. Untuk menjamin terjadinya pertukaran gas pada suatu organisme diperlukan persyaratan :

1. Organisme harus mempunyai membran pernapasan
2. Organisme mempunyai cara untuk menyalurkan gas ke dan dari membran pernapasan
3. Organisme mempunyai cara untuk mengangkut gas antara membran dan sel-sel tubuh

Membran pernapasan adalah suatu permukaan yang tipis, basah, dan permeable, berhubungan dengan lingkungan yang dapat dilalui gas. Membran tersebut dapat berupa permukaan tubuh, tetapi biasanya merupakan bagian dar alat-alat pernapasan seperti insang, ujung trachea atau alveolus pada paru-paru. Perpindahan gas melalui permukaan membrane selalu terjadi dengan difusi. Difusi ini terjadi karena ada perbedaan kadar dalam sel dan lingkungannya. Kecepatan difusi gas dipengaruhi beberapa hal berikut :

a). **Tekanan gas**; gas akan bergerak dari daerah gas bertekanan tinggi ke daerah gas bertekanan rendah. Adanya perbedaan tekanan oksigen dalam udara alveolus dan di darah dalam kapiler paru-paru sudah memungkinkan terjadinya pergerakan oksigen dari udara alveolus ke kapiler paru-paru. Demikian juga karbondioksida akan bergerak berlawanan arah dengan pergerakan oksigen tersebut.

Tabel 4. Tekanan parsial pada udara atmosfer, udara alveolus, dan darah kapiler paru-paru

Gas	Udara Atmosfer		Udara Alveolus		Darah Arteri	Darah Vena
	%	mmHg	%	mmHg	mmHg	mmHg
O2	20,94	159,1	14,2	101	100	40
CO2	0,04	0,3	5,5	39	40	46
H2	79,02	600,6	80,3	573	573	573
Jumlah	100	760,0	100	713	713	659

Sumber : Dasar Fisologi Ternak, Herry Sonjaya, 2012

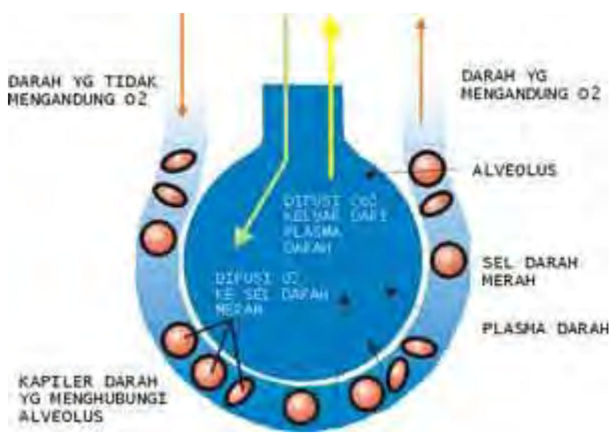
b). **Permeabilitas membran pernapasan**. Membran pernapasan mempunyai dua lapisan yang sangat tipis, memisahkan udara dalam alveolus dengan darah di kapiler paru-paru. Gas pernapasan yaitu oksigen dan karbondioksida harus mampu membran tersebut dengan daya dorong yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan oksigen dan karbondioksida di

udara dalam alveolus dengan didalam darah kapiler paru-paru. Membran pernapasan juga menimbulkan tekanan terhadap pergerakan oksigen dan karbondioksida. Tekanan yang dihasilkan oleh membran tersebut disebut koefisien difusi yang merupakan jumlah gas yang dapat menembus melintasi membran per menit per millimeter akibat perbedaan tekana gas antara dua sisi membran.

c). **Luas permukaan membran pernapasan**; semakin luas permukaan semakin cepat difusi yang yang terjadi. Luas permukaan alveoli pada sapi mencapai $500m^2$

d). **Kecepatan sirkulasi darah**. Kecepatan difusi meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan aliran darah dalam kapiler paru-paru.

e). **Reaksi kimia yang terjadi dalam darah**. Ikatan antara hemoglobin dngan oksigen dan karbondioksida menyebabkan lebih banyak oksigen dan karbondioksida yang mampu diangkut dibandingkan dengan jumlah oksigen dan karbondioksida yang larut dalam plasma.



Gambar 17. Pertukaran Oksigen dan karbondioksida

e). Pernapasan pada hewan ruminansia

Sistem pernapasan ruminansia terdiri atas paru dan saluran yang memungkinkan udara dapat mencapai atau meninggalkan paru. Saluran tersebur meliputi :

1) Nostril / Hidung

Hidung adalah bagian yang berfungsi menghirup udara pernafasan, menyaring udara, menghangatkan udara pernafasan, juga berperan dalam resonansi suara. Hidung merupakan alat indera yang menanggapi rangsang berupa bau atau zat kimia yang berupa gas. Di dalam rongga hidung terdapat serabut saraf pembau yang dilengkapi dengan sel-sel pembau. setiap sel pembau mempunyai rambut - rambut halus(silia olfaktori)di ujungnya dan diliputi oleh selaput lendir yang berfungsi sebagai pelembab dan untuk menyaring udara yang masuk ke dalam rongga hidung. Bentuk dan ukuran hidung sangat bervariasi dari yang lunak, kenyal dan mudah dilatasi sampai pada hidung yang keras seperti pada babi. Kulit hidung bersambung dengan bagian moncong. Moncong pada kuda merupakan salah satu organ penyentuh yang utama dan digunkan utuk mengamati benda asing. Moncong ditutupi oleh rambut dan mengandung kelenjar sebacea dan kelenjar keringat. Bagian yang tidak berambut disebut planum nasale dan bagian ini akan menjadi kering dan bersisik bila hewan mengalami deman yang cukup lama.

2) Rongga Hidung

Rongga hidung terpisah dari rongga mulut oleh palatum keras dan lunak dan terbelah menjadi dua oleh tulang kartilago median. Rongga hidung dilapisi oleh membran mukosa. Membran ini membantu menghangatkan udara yang dihisap. Membran mukosa yang berada dibelakang mengandung ujung-ujung syaraf sensoris yang merupakan media untuk indra penciuman.

3) Sinus

Semua jenis hewan mempunyai sinus yaitu sinus maksiler, frontal, sphenoid dan polantin. Sinus ini merupakan saluran udara dari rongga udara di tulang cranial ke rongga hidung. Sapi dan domba mempunyai sinus tambahan yaitu sinus lakrimal Pelaksanaan dehorning bisa menyebabkan sinus terbuka dan menjadi peka terhadap infeksi yang selanjutnyamenyebabkan sinusitis.

4) Faring

Faring (tekak) merupakan persimpangan antara kerongkongan dan tenggorokan. Dalam keadaan normal udara tidak dapat dihirup bersamaan dengan makanan yang sedang ditelan. Terdapat katup yang disebut *epiglotis* (anak tekak) berfungsi sebagai pengatur jalan masuk ke kerongkongan dan tenggorokan.

5) Laring

Laring adalah pangkal tenggorokan, terdiri atas kepingan tulang rawan dan terdapat celah menuju batang tenggorok (trakea) disebut *glotis*, di dalamnya terdapat pita suara dan beberapa otot yang mengatur ketegangan pita suara sehingga timbul bunyi. Berfungsi untuk menyalurkan udara dari faring ke trakea atau mengontrol penghembusan (ekspirasi) dan penghirupan (inspirasi) udara, mencegah terhirupnya benda-benda asing dan sangat perlu untuk pembentukan bunyi. Lima buah kartilago membentuk dasar laring pada kuda dan sapi. Roaring adalah suatu keadaan dimana kuda tidak dapat mendilatasi laring sehingga mengalami kesulitan dalam menghirup udara dalam jumlah yang memadai kedalam paru-parunya. Hal ini biasanya disebabkan karena kerusakan system syaraf vagus didaerah leher ke thorax.

6) Trakea

Berupa pipa yang dindingnya terdiri atas 3 lapisan, yaitu lapisan luar terdiri atas jaringan ikat, lapisan tengah terdiri atas otot polos dan cincin tulang

rawan, dan lapisan dalam terdiri atas jaringan epitelium besilia. Terletak di leher bagian depan kerongkongan.

7) Bronkus

Merupakan percabangan trakea yang menuju paru-paru kanan dan kiri. Struktur bronkus sama dengan trakea, hanya dindingnya lebih halus.

8) Bronkiolus

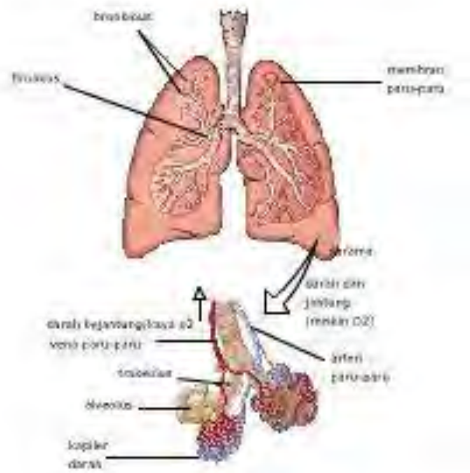
Bronkheolus adalah percabangan dari bronkhus, saluran ini lebih halus dan dindingnya lebih tipis. Bronkheolus kiri berjumlah 2, sedangkan kanan berjumlah 3, percabangan ini akan membentuk cabang yang lebih halus seperti pembuluh.

9) Alveolus

Berupa saluran udara buntu membentuk gelembung-gelembung udara, dindingnya tipis setebal selapis sel, lembab dan berlekatan dengan kapiler darah. Alveolus berfungsi sebagai permukaan respirasi, luas total mencapai 100 m2 (50 x luas permukaan tubuh) cukup untuk melakukan pertukaran gas keseluruh tubuh. Di dalam paru-paru ini terdapat alveolus yang berjumlah ± 300 juta buah.

10) Paru - Paru

Paru-paru terletak di dalam rongga dada.paru-paru ada dua buah yaitu paru-paru kanan dan kiri. Paru-paru diselimuti oleh selaput paru-paru (pleura).Berjumlah sepasang terletak di dalam rongga dada kiri dan kanan. Bagian luar paru-paru dibungkus oleh selaput pleura untuk melindungi paru-paru dari gesekan ketika bernapas, berlapis 2 dan berisi cairan.

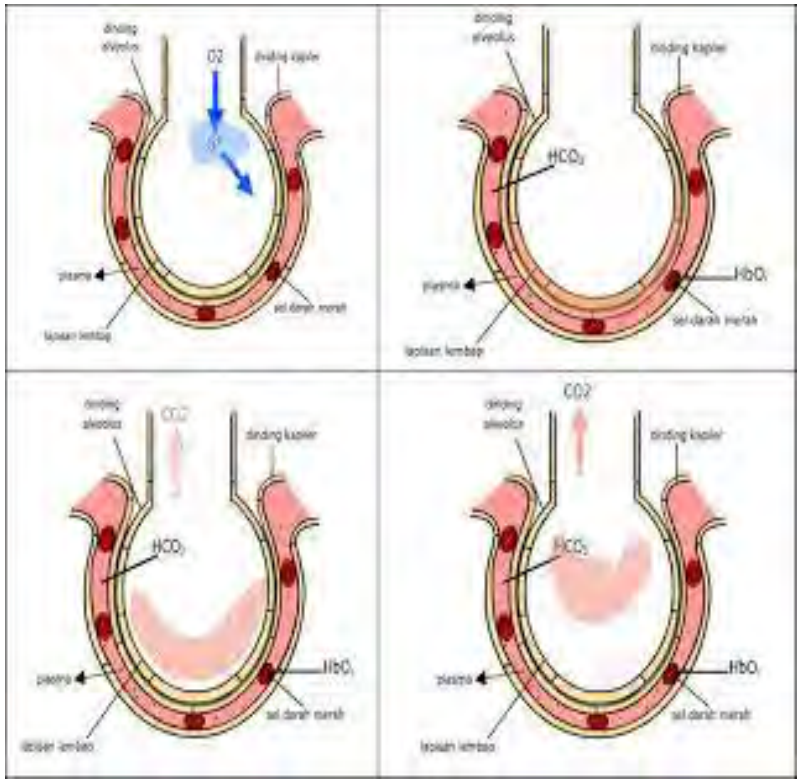


Gambar 18. Paru-paru

f). Mekanisme Pertukaran Gas

Saluran pernafasan memungkinkan bagi masuknya udara kedalam bagian yang paling kecil dari paru-paru yaitu alveoli. Setelah melewati saluran hidung dan laring, udara menjadi hangat dan menghisap uap air, udara masuk ke trachea, brokhiol dan akhirnya melewati saluran alveoli ke alveolus. Alveoli dikelilingi oleh kapiler pulmonary dan lapisan jaringan antara udara dan kapiler yang sangat tipis. Dinding tipis dari alveoli dan kapiler memungkinkan pergerakan oksigen kedarah dan pergerakan karbon dioksida kedalam udara alveolar.

Di dalam Alveolus, udara yang mengandung oksigen dipertukarkan ke dalam darah. Sedangkan karbondioksida di dalam darah dikeluarkan ke alveolus. Pertukaran ini disebut repirasi eksternal Sedangkan respirasi internal adalah apabila oksigen dari darah berdifusi menuju jaringan untuk oksidasi selular dan menghasilkan karbondioksida yang berdifusi kedalam darah.



Gambar 19. Mekanisme Pertukaran Oksigen dan karbondioksida

g). Berapa banyak udara yang dapat dihirup dalam sekali Inspirasi ?

Seperti disebutkan didepan bahwa untuk mencapai alveoli udara harus melewati hidung, pharing, laring, trachea, bronchi dan bronkhiol. Udara yang menempati bagian lain system pernapasan yang tidak digunakan untuk pertukaran dengan kapiler darah paru-paru disebut 'dead space' atau ruang rugi. Sedangkan volume udara yang lewat ke dalam atau keluar hidung selama inspirasi dan ekspirasi disebut sebagai volume tidal. Pada kuda volume tidal mencapai 5-6 liter, pada sapi 3-4 liter sedangkan pada domba mencapai 300ml. Volume ruang rugi biasanya mencapai 1/3 – ¼ dari volume tidal. Volume cadangan inspirasi adalah merupakan jumlah tambahan udara dari luar yang masih dapat diinspirasi dan melebihi volume tidal. Sementara

pada akhir ekspirasi jumlah tambahan udara yang dapat diekspirasi dinamakan volume cadangan ekspirasi. Volume udara yang mencapai alveoli dan tersedia untuk pertukaran gas tergantung pada volume tidal, ruang rugi dan frekuensi pernapasan. Udara yang tersisa dalam paru-paru setelah ekspirasi maksimal disebut volume residu. Jumlah anatar cadangan inspirasi, volume tidal dan cadangan ekspirasi disebut kapasitas vital.

Tabel 5. Volume udara pada paru-paru berbagai jenis Ternak

Ternak	Frekuensi Pernapasan per menit	Volume Tidal	Volume Cadangan Inspirasi	Volume Cadangan Ekspirasi	Kapasitas Vital	Volume Residu
Kuda	12	5-6	12	12,0	30,0	10-12
Sapi	30	3-4	6	6,0	16,0	5-6
Domba	19	0,3	0,6	0,6	1,5	0,5
"Manusia"	15	0,5	1,5	1,5	3,5	1,0

Sumber : Herry Sonjaya, 2012

h). Pengangkutan O_2

Pertukaran gas antara O_2 dengan CO_2 terjadi di dalam alveolus dan jaringan tubuh melalui proses difusi. Pengangkutan Oksigen dalam darah terjadi dengan dua cara yaitu dengan cara sederhana (terlarut dalam plasma darah) dan dengan cara diikat oleh pigmen respirasi. Oksigen berikatan dengan *haemoglobin* (Hb) dalam darah yang disebut *deoksigenasi* dan menghasilkan senyawa *oksihemoglobin* (HbO). Sekitar 97% oksigen dalam bentuk senyawa oksihemoglobin, hanya 2 – 3% yang larut dalam plasma darah akan dibawa oleh darah ke seluruh jaringan tubuh, dan selanjutnya akan terjadi pelepasan oksigen secara difusi dari darah ke jaringan tubuh. Pigmen respirasi (hemoglobin) merupakan protein dalam darah yang yang memiliki afinitas tinggi terhadap oksigen. Pigmen respirasi sangat diperlukan oleh darah untuk meningkatkan kapasitas pengangkutan oksigen. Haemoglobin(Hb) tersusun atas senyawa porfirin besi yang berikatan dengan protein globin. Pada daerah yang mempunyai tekanan oksigen tinggi, Hb sangat mudah

berikatan dengan oksigen membentuk oksihemoglobin. Sementara pada daerah yang memiliki tekanan oksigen rendah dan atau pH rendah , oksihemoglobin sangat mudah terurai dan membebaskan oksigen. Pengikatan oksigen pada hemoglobin bukan suatu proses oksidasi , melainkan penggabungan antara Fe++ pada hemin dengan molekul O2. Adapun tahapan proses pengikatan oksigen sebagai berikut :

- Alveolus memiliki O_2 lebih tinggi dari pada O_2 di dalam darah.
- O_2 masuk ke dalam darah melalui difusi melewati membran alveolus
- Di dalam darah, O_2 sebagian besar (97%) diikat oleh Hb yang terdapat pada Eritrosit menjadi Oksihemoglobin (HbO_2).
- Selain diikat oleh Hb, sebagian kecil O_2 larut di dalam plasma darah (3%).
- Setelah berada di dalam darah, O_2 kemudian masuk ke jantung melalui vena pulmonalis untuk diedarkan ke seluruh tubuh yang membutuhkan.

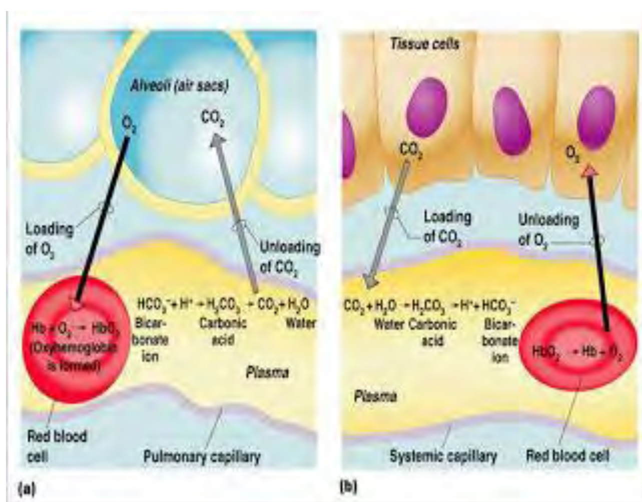
i). Pengangkutan CO_2

Metabolisme sel akan menghasilkan zat sisa antara lain karbondioksida dan air. Air yang dihasilkan tersebut disebut air metabolic yang tidak menimbulkan masalah karena masih dapat dimanfaatkan oleh tubuh. Sebaliknya karbondioksida dapat menimbulkan gangguan fisiologis, karbondioksida sangat mudah berikatan dengan air membentuk asam karbonat yang memiliki kekuatan untuk menciptakan kondisi asam. Oleh karena itu karbondioksida yang terbentuk di jaringan harus segera diangkut dan dikeluarkan dari tubuh. Karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan dari proses *respirasi sel* akan berdifusi ke dalam darah yang selanjutnya akan diangkut ke paru-paru untuk dikeluarkan sebagai udara pernapasan. Ada 3 (tiga) cara pengangkutan CO_2 yaitu :

- Sebagai *ion karbonat* (HCO_3), sekitar 60 – 70%.
- Sebagai *karbominohemoglobin* ($HbCO_2$), sekitar 25%.
- Sebagai *asam karbonat* ($H2CO_3$) sekitar 6 – 10%.

Pengangkutan karbondioksida dalam bentuk senyawa bikarbonat merupakan cara untuk mempertahankan keseimbangan pH. Aktivitas mempertahankan keseimbangan pH merupakan tugas tambahan bagi sitem respirasi diluar tugas utamanya mengangkut oksigen dan karbondioksida. Adapun tahapan proses pengeluaran karbondioksida sebagai berikut :

- Di jaringan, CO_2 lebih tinggi dibandingkan yang ada di dalam darah.
- Ketika O_2 di dalam darah berdifusi ke jaringan, maka CO_2 di jaringan akan segera masuk ke dalam darah.
- Ketika CO_2 berada di dalam darah sebagian besar (70%) CO_2 akan diubah menjadi ion bikarbonat(HCO_3^-)
- 20% CO_2 akan terikat oleh Hb pada Eritrosit.
- Sedangkan 10% CO_2 lainnya larut dalam plasma darah.
- Di dalam darah, CO_2 di bawa ke jantung, kemudian oleh jantung CO_2 dalam darah dipompa ke paru-paru melalui arteri pulmonalis.
- Di paru-paru CO_2 akan dikeluarkan dari tubuh melalui ekspirasi



Gambar 20. Pertukaran Oksigen dan Karbondioksida

j). Pengaturan Pernapasan

Pernapasan pada hewan merupakan proses yang diatur oleh syaraf untuk memenuhi kebutuhan akan oksigen dan membuang karbondioksida. Pengaturan ini dapat berlangsung secara kimia maupun melalui mekanisme syaraf. Tujuan pengaturan ini adalah untuk mengatur keseimbangan kadar oksigen dan karbondioksida dalam tubuh. Kekurangan oksigen atau kelebihan karbondioksida dalam darah atau cairan tubuh akan mengganggu proses fisiologis secara keseluruhan. Pengaturan respirasi secara kimiawi pada hewan lebih banyak dirangsang oleh adanya peningkatan kadar karbondioksida dalam darah daripada penurunan kadar oksigen. Sedangkan pengaturan secara syaraf dilakukan oleh sekelompok sel syaraf pada pons varolli dan medulla oblongata.

Hal lain yang harus diatur adalah yang berkaitan dengan homeostatis kadar oksigen dan karbondioksida adalah kedalaman dan laju pernapasan. Kedua hal ini ditentukan oleh konsentrasi karbondioksida . Konsentrasi karbondioksida dipantau oleh kemoreseptor yang terdapat di pusat pernapasan di medulla oblongata. Pusat respiratori akan merespon penurunan pH cairan cerebrospinal. Hal ini kemudian akan merangsang dimulainya pembuangan karbondioksida. Pembuangan karbondioksida dan pemasukan oksigen harus sesuai dengan kebutuhan hewan yang sangat bervariasi sesuai dengan aktivitas yang dilakukan. Pada saat laju metabolism tinggi, kebutuhan oksigen dan pembentukan karbondioksida juga meningkat. Apabila pada saat tersebut darah tidak mengandung cukup oksigen untuk memenuhi kebutuhannya, hewan akan mengalami hipoksia atau bahkan aspiksia. Sebaliknya apabila kadar oksigen dalam darah terlalu tinggi , dapat terjadi oksidasi yang tidak diharapkan yang dapat mengakibatkan kehancuran sel-sel tubuh. Pasokan oksigen yang tidak memadai pada umunya diakibatkan oleh adanya timbunan karbodioksida.

Saat udara melewati jalan nafas maka terjadi penghangatan oleh dinding mukosa yang banyak mengandung kapiler, humidifikasi (pelembaban) dan filterisasi (penyaringan) oleh bulu hidung,mucus dan silia. Mikroorganisme patogen yang masuk bersama udara dan tidak tersaring pada jalan nafas akan berakhir pada alveoli dan dibasmi oleh makrofag alveoli.Agar udara tidak salah sasaran masuk ke organ pencernaan maka diatur oleh klep yang disebut Epiglotis Fungsi utama sistem respirasi adalah memenuhi kebutuhan oksigen jaringan tubuh dan membuang karbondioksida sebagai sisa metabolisme serta berperan dalam menjaga keseimbangan asam dan basa.

Sistem respirasi bekerja melalui 3 tahapan yaitu :

1) Ventilasi

Ventilasi merupakan proses pertukaran udara antara atmosfer dengan alveoli. Proses ini terdiri dari inspirasi (masuknya udara ke paru-paru) dan ekspirasi (keluarnya udara dari paru-paru). Ventilasi terjadi karena adanya perubahan tekanan intra pulmonal, pada saat inspirasi tekanan intra pulmonal lebih rendah dari tekanan atmosfer sehingga udara dari atmosfer akan terhisap ke dalam paru-paru. Sebaliknya pada saat ekspirasi tekanan intrapulmonal menjadi lebih tinggi dari atmosfer sehingga udara akan tertiup keluar dari paru-paru. Perubahan tekanan intrapulmonal tersebut disebabkan karena perubahan volume thorax akibat kerja dari otot-otot pernafasan dan diafragma.

Pada saat inspirasi terjadi kontraksi dari otot-otot insiprasi (muskulus interkostalis eksternus dan diafragma)sehingga terjadi elevasi dari tulang-tulang kostae dan menyebabkan peningkatan volume cavum thorax (rongga dada), Secara bersamaan paru-paru juga akan ikut mengembang sehingga tekanan intra pulmonal menurun dan udara terhirup ke dalam paru-paru.

Setelah inspirasi normal biasanya masih bisa menghirup udara dalam-dalam (menarik nafas dalam), hal ini dimungkinkan karena kerja dari otot-otot

tambahan isnpirasi yaitu muskulus sternokleidomastoideus dan muskulus skalenus.

Ekspirasi merupakan proses yang pasif dimana setelah terjadi pengembangan cavum thorax akibat kerja otot-otot inspirasi maka setelah otot-otot tersebut relaksasi maka terjadilah ekspirasi. Tetapi setelah ekspirasi normal, kitapun masih bisa menghembuskan nafas dalam-dalam karena adanya kerja dari otot-otot ekspirasi yaitu muskulus interkostalis internus dan muskulus abdominis.

Kerja dari otot-otot pernafasan disebabkan karena

1. Adanya perintah dari pusat pernafasan (medula oblongata) pada otak.
2. Medula oblongata terdiri dari sekelompok neuron inspirasi dan ekspirasi.
3. Eksitasi neuron-neuron inspirasi akan dilanjutkan dengan eksitasi pada neuron-neuron ekspirasi serta inhibisi terhadap neuron-neuron inspirasi sehingga terjadilah peristiwa inspirasi yang diikuti dengan peristiwa ekspirasi.
4. Area inspirasi dan area ekspirasi ini terdapat pada daerah berirama medula (medulla rithmicity) yang menyebabkan irama pernafasan berjalan teratur dengan perbandingan 2 : 3 (inspirasi : ekspirasi).

Ventilasi dipengaruhi oleh :

a). Kadar oksigen pada atmosfer
b). Kebersihan jalan nafas
c). Daya recoil & complience (kembang kempis) dari paru-paru
d). Pusat pernafasan

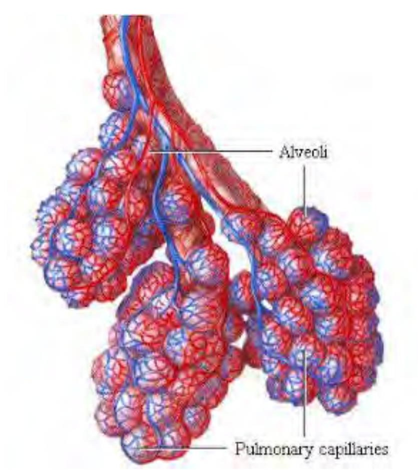
Fleksibilitas paru sangat penting dalam proses ventilasi. Fleksibilitas paru dijaga oleh surfaktan. Surfaktan merupakan campuran lipoprotein yang

dikeluarkan sel sekretori alveoli pada bagian epitel alveolus dan berfungsi menurunkan tegangan permukaan alveolus yang disebabkan karena daya tarik menarik molekul air & mencegah kolaps alveoli dengan cara membentuk lapisan monomolekuler antara lapisan cairan dan udara. Energi yang diperlukan untuk ventilasi adalah 2 – 3% energi total yang dibentuk oleh tubuh. Kebutuhan energi ini akan meningkat saat olah raga berat, bisa mencapai 25 kali lipat.

Volume tidal adalah volume udara yang diinspirasi dan diekspirasi dalam pernafasan normal. IRV (volume cadangan inspirasi) adalah volume udara yang masih bisa dihirup paru-paru setelah inspirasi normal. ERV (volume cadangan ekspirasi) adalah volume udara yang masih bisa diekshalasi setelah ekspirasi normal. Sedangkan RV (volume sisa) adalah volume udara yang masih tersisa dalam paru-paru setelah ekspirasi kuat.

2) Difusi

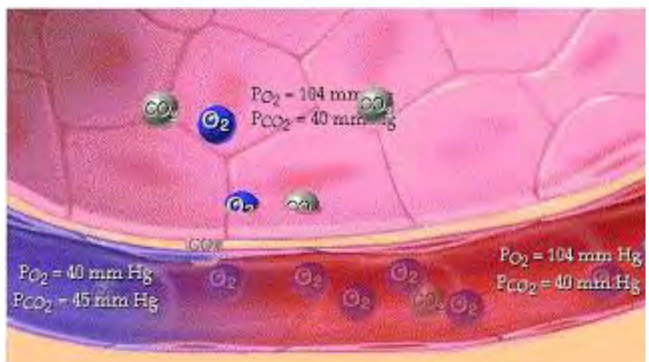
Difusi dalam respirasi merupakan proses pertukaran gas antara alveoli dengan darah pada kapiler paru. Proses difusi terjadi karena perbedaan tekanan, gas berdifusi dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Salah satu ukuran difusi adalah tekanan parsial.



Gambar 21. Kapiler paru

Difusi terjadi melalui membran respirasi yang merupakan dinding alveolus yang sangat tipis dengan ketebalan rata-rata 0,5 mikron. Di dalamnya terdapat jalinan kapiler yang sangat banyak dengan diameter 8 angstrom. Dalam paru2 terdapat sekitar 300 juta alveoli dan bila dibentangkan dindingnya maka luasnya mencapai 70 m2 pada orang dewasa normal.

Saat difusi terjadi pertukaran gas antara oksigen dan karbondioksida secara simultan. Saat inspirasi maka oksigen akan masuk ke dalam kapiler paru dan saat ekspirasi karbondioksida akan dilepaskan kapiler paru ke alveoli untuk dibuang ke atmosfer. Proses pertukaran gas tersebut terjadi karena perbedaan tekanan parsial oksigen dan karbondioksida antara alveoli dan kapiler paru.



Gambar 22. Alveoli dan kapiler paru.

Volume gas yang berdifusi melalui membran respirasi per menit untuk setiap perbedaan tekanan sebesar 1 mmHg disebut dengan kapasitas difusi. Kapasitas difusi oksigen dalam keadaan istirahat sekitar 230 ml/menit. Saat aktivitas meningkat maka kapasitas difusi ini juga meningkat karena jumlah kapiler aktif meningkat disertai dDilatasi kapiler yang menyebabkan luas permukaan membran difusi meningkat. Kapasitas difusi karbondioksida saat istirahat adalah 400-450 ml/menit. Saat bekerja meningkat menjadi 1200-1500 ml/menit.

Difusi dipengaruhi oleh :

a). Ketebalan membran respirasi

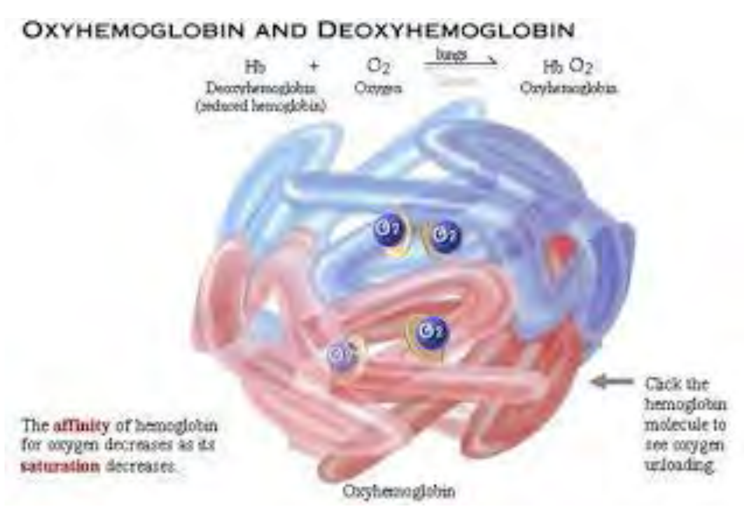
b). Koefisien difusi

c). Luas permukaan membran respirasi

d). Perbedaan tekanan parsial

3) Transportasi

Setelah difusi maka selanjutnya terjadi proses transportasi oksigen ke sel-sel yang membutuhkan melalui darah dan pengangkutan karbondioksida sebagai sisa metabolisme ke kapiler paru. Sekitar 97 - 98,5% Oksigen ditransportasikan dengan cara berikatan dengan Hb (HbO2/oksihaemoglobin,) sisanya larut dalam plasma. Sekitar 5- 7 % karbondioksida larut dalam plasma, 23 – 30% berikatan dengan Hb(HbCO2/karbaminahaemoglobin) dan 65 – 70% dalam bentuk HCO3 (ion bikarbonat).



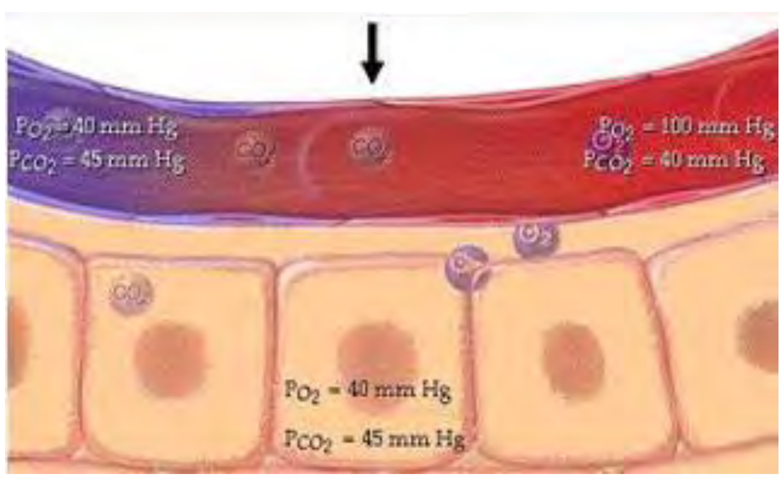
Gambar 23. Oksihaemoglobin dan Deoksihaemoglobin

Saat istirahat, 5 ml oksigen ditransportasikan oleh 100 ml darah setiap menit. Jika curah jantung 5000 ml/menit maka jumlah oksigen yang diberikan ke jaringan sekitar 250 ml/menit. Saat olah raga berat dapat meningkat 15 – 20 kali lipat.

Transportasi gas dipengaruhi oleh :

a). Cardiac Output
b). Jumlah eritrosit
c). Aktivitas
d). Hematokrit darah

Setelah transportasi maka terjadilah difusi gas pada sel/jaringan. Difusi gas pada sel/jaringan terjadi karena tekanan parsial oksigen (PO_2) intrasel selalu lebih rendah dari PO_2 kapiler karena O_2 dalam sel selalu digunakan oleh sel. Sebaliknya tekanan parsial karbondioksida (PCO_2) intrasel selalu lebih tinggi karena CO_2 selalu diproduksi oleh sel sebagai sisa metabolisme.



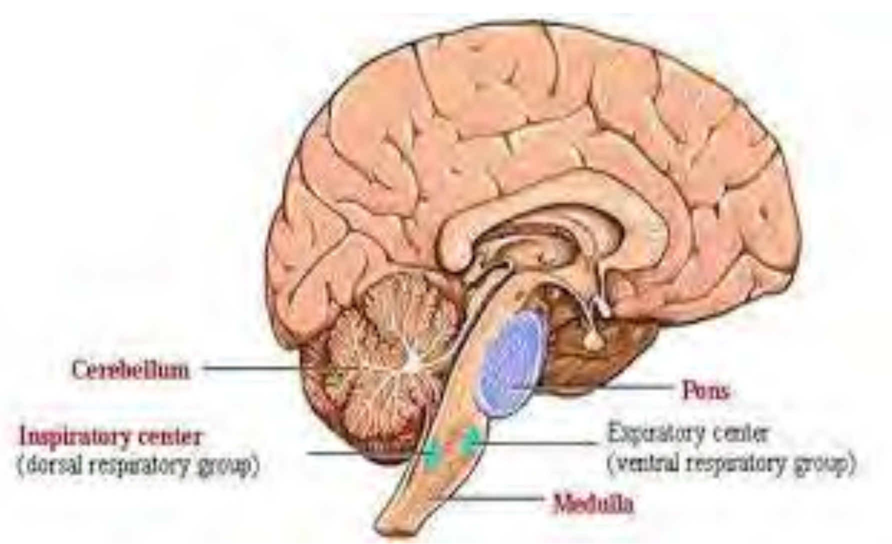
Gambar 24. Difusi gas pada sel/jaringan

4) Regulasi

Kebutuhan oksigen tubuh bersifat dinamis, berubah-ubah dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya adalah aktivitas. Saat aktivitas meningkat maka kebutuhan oksigen akan meningkat sehingga kerja sistem respirasi juga meningkat. Mekanisme adaptasi sistem respirasi terhadap perubahan kebutuhan oksigen tubuh sangat penting untuk menjaga homeostastis dengan mekanisme sebagai berikut :

Sistem respirasi diatur oleh pusat pernafasan pada otak yaitu medula oblongata.

- Pusat nafas terdiri dari daerah berirama medulla (medulla rithmicity) dan pons.
- Daerah berirama medula terdiri dari area inspirasi dan ekspirasi.
- Sedangkan pons terdiri dari pneumotaxic area dan apneustic area.
- Pneumotaxic area menginhibisi sirkuit inspirasi dan meningkatkan irama respirasi. Sedangkan apneustic area mengeksitasi sirkuit inspirasi.



Gambar 25. Medula oblongata.

Daerah berirama medula mempertahankan irama nafas I : E = 2” : 3”. Stimulasi neuron inspirasi menyebabkan osilasi pada sirkuit inspirasi selama 2” dan inhibisi pada neuron ekspirasi kemudian terjadi kelelahan sehingga berhenti. Setelah inhibisi hilang kemudian sirkuit ekspirasi berosilasi selama 3” dan terjadi inhibisi pada sirkuit inspirasi. Setelah itu terjadi kelelahan dan berhenti dan terus menerus terjadi sehingga tercipta pernafasan yang ritmis.

Pengaturan respirasi dipengaruhi oleh :

a). Korteks serebri yang dapat mempengaruhi pola respirasi.

b). Zat-zat kimiawi : dalam tubuh terdapat kemoreseptor yang sensitif terhadap perubahan konsentrasi O2, CO2 dan H+ di aorta, arkus aorta dan arteri karotis.

c). Gerakan : perubahan gerakan diterima oleh proprioseptor.

d). Refleks Heuring Breur : menjaga pengembangan dan pengempisan paru agar optimal.

e). Faktor lain : tekanan darah, emosi, suhu, nyeri, aktivitas spinkter ani dan iritasi saluran nafas

k). Kelainan / Penyakit pada Sistem Respirasi

Sistem pernapasan dapat mengalami berbagai gangguan, baik karena kelainan sistem pernapasan atau akibat infeksi kuman. Beberapa jenis gangguan antara lain :

1. Asma/sesak napas, penyempitan saluran napas akibat otot polos pembentuk dinding saluran terus berkontraksi, disebabkan alergi atau kekurangan hormon adrenalin.

2. *Asfiksi,* gangguan pengangkutan dan penggunaan oksigen oleh jaringan akibat tenggelam, pneumonia, keracunan CO.
3. *Asidosis*, akibat peningkatan kadar asam karbonat dan asam bikarbonat dalam darah
4. *Pneumonia*, radang paru-paru akibat infeksi bakteri Diplococcus pneumonia.
5. Difteri, penyumbatan faring/laring oleh lendir akibat infeksi bakteri Corynebacterium diphteriae
6. Emfisema, menggelembungnya paru-paru akibat perluasan alveolus berlebihan.
7. Tuberculosis (TBC), penyakit paru-paru akibat infeksi bakteri Mycobacterium tuberculosa.
8. Peradangan pada sistem pernapasan :
   - *bronchitis*, radang bronkhus.
   - *laringitis*, radang laring
   - *faringitis*, radang faring
   - *pleuritis*, radang selaput paru-paru
   - *renitis*, radang rongga hidung
   - *sinusitis*, radang pada bagian atas rongga hidung (sinus)

l). Gangguan/penyakit dinding alveolus

Gangguan pada organ pernapasan antara lain :

- Pneumonia / Pnemonia, adalah suatu infeksi bakteri diplococcus pneumonia yang menyebabkan peradangan pada dinding alveolus.
- Tuberkolosis / TBC, merupakan penyakit yang disebabkan oleh baksil yang mengakibatkan bintil-bintil pada dinding alveolus.
- Masuknya air ke alveolus.

Sedangkan gangguan pencemaran lingkungan khususnya udara dapar berupa :

- Kontaminasi gas CO / karbon monoksida atau CN / sianida.

- Kadar haemoglobin / hemoglobin yang kurang pada darah sehingga menyebabkan tubuh kekurangan oksigen atau kurang darah alias anemia

Sistem respirasi memiliki fungsi utama untuk memasok oksigen kedalam tubuh dan membuang karbondioksida dari dalam tubuh. Fungsi lain dari respirasi adalah untuk menjaga keseimbangan pH dan keseimbangan elektrik dalam cairan tubuh. Organ pernapasa n dapat berupa kulit, insang, trachea dan paru-paru tergantung dari jenis hewannya. Dalam aktivitas bernapas terdiri atas dua kegiatan yaitu inspirasi dengan menghirup udara dan ekspirasi mengeluarkan udara dari dalam paru-paru. Pada bangsa unggas selain paru-paru ada organ lain yaitu kantong udara yang membantu dalam system respirasi.

Difusi gas antara organ respiratori dengan lingkungan terjadi karena adanya perbedaan tekanan gas. Pengankutan oksigen oleh darah sangat dipengaruhi oleh keberadaaan pigmen respiratorik yang dikenal denga hemoglobin. Semua aktivitas pernapasan , yaitu pengendalian kadar oksigen dan kadar karbondioksida dilakukan oleh system syaraf.

MENANYA :

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah Anda lakukan, dan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia, buatlah minimal 3 pertanyaan dan lakukan diskusi kelompok tentang :

1) Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme kerja system pernapasan hewan ruminansia dan nonruminansia.
2) Perbedaan reaksi akibat perbedaan rangsangan pada system pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia.

MENGUMPULKAN INFORMASI / MENCOBA :

1. Cari informasi dari berbagai sumber (internet, modul, buku–buku referensi, serta sumber–sumber lain yang relevan) tentang system pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia !
2. Lakukan pengamatan system pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan menggunakan lembar kerja sebagai berikut :

Lembar Kerja 1. : Pengukuran Kebutuhan Oksigen

Berapa volume dan berapa kecepatan pernapasan yang dilakukan hewan , dapat diketahui dengan mengukur laju respirasi hewan. Untuk melakukan pengukuran terhadap volume dan kecepatan respirasi anda dapat melakukan hal-hal sebagai berikut :

1. Menyiapkan Alat dan Bahan yang terdiri atas Respirometer lengkap dengan perangkatnya, timbangan, kantung plastik, beaker glass, termometer, jarum suntik, pemanas air, kapas, vaselin, eosin, KOH 4%, dan beberapa spesies hewan invertebrata kecil maupun hewan vertebrata kecil (mencit, cicak)

2. Lakukan penimbangan hewan percobaan terlebih dahulu satu per satu (untuk tiap praktikum digunakan minimal 3 spesies yang berbeda).

3. Selanjutnya susun respirometer sebagai mana mestinya dengan menginjeksikan eosin pada pipa respirometer (manometer) hingga skala 12 dan usahakan tidak adanya gelembung udara. 4. Selanjutnya masukkan kapas dan KOH 4% pada tabung sampel yang kosong dan masukkan hewan percobaan pada tabung yang lainnya.

5. Isolasi sistem dengan mengoleskan vaselin sehingga tidak terjadi kebocoran gas oksigen atau karbondioksida.

6. Letakkan perangkat percobaan pada posisi yang ideal dan biarkan selama 5 menit lalu hitung perubahan skala yang ditunjukkan oleh eosin pada manometer.

7. Untuk memvariasikan faktor suhu, maka percobaan pertama dilakukan pada suhu ruangan, percobaan kedua pada suhu lebih rendah (dengan meletakkan tabung hewan pada gelas berisi es), dan percobaan ketiga dengan suhu lebih tinggi (dengan meletakkan tabung hewan percobaan pada gelas berisi air panas). Jangan lupa mengukur suhu air pada gelas dengan menggunakan termometer.

8. Lakukan analisis data dengan membuat grafik hubungan laju respirasi per masing-masing spesies terhadap suhu yang bervariasi (suhu perlakuan).

9. Interpretasikan data secara ringkas.

MENGKOMUNIKASIKAN :

Berdasarkan hasil pengamatan, pengumpulan informasi dan identifikasi serta asosiasi yang telah Anda lakukan :

1. Buatlah laporan tertulis secara individu!
2. Buatlah bahan presentasi dan presentasikan di depan kelas secara kelompok!

3. Refleksi

Setelah Anda mempelajari materi system pernapasan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia, harap jawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a. Pertanyaan:

   Hal-hal apa saja yang dapat Anda lakukan tekait dengan materi system pernapasan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

b. Pertanyaan:

   Pengalaman baru apa yang Anda peroleh dari materi system pernapasan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

   Jawaban:

c. Pertanyaan:

Manfaat apa saja yang Anda peroleh dari materi system pernapasan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

d. Pertanyaan:

Aspek menarik apa saja yang Anda temukan dalam materi system pernapasan pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

4. Tugas

a. Buatlah kliping sistem pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia!

b. Lakukan observasi (pengamatan) terhadap sistem pernapasan hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

    1. Membaca uraian materi pada buku teks ini tentang sistem pernapasan ruminansia dan non ruminansia
    2. Mencari informasi di lokasi setempat yang berkaitan sistem pernapasan ruminansia dan non ruminansia
    3. Mengamati suatu proses yang berkaitan sistem pernapasan ruminansia dan non ruminansia

c. Buatlah minimal 3 pertanyaan terhadap hal-hal yang belum Anda pahami atau perlu penjelasan dari hasil observasi yang berkaitan sistem pernapasan ruminansia dan non ruminansia

5. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Pertukaran karbondioksida dan oksigen pada waktu bernafas terjadi di :
    a. Alveole
    b. Bronchus
    c. Trakhea
    d. Bukan salah satu diatas
2. Sistem pernafasan pada unggas, selain menggunakan paru-paru juga dibantu oleh
    a. kantong hawa
    b. tulang spon
    c. tulang corticoid
    d. bukan salah satu diatas
3. Dalam pernapasan tekanan negatif, inspirasi disebabkan oleh :
    a. pemaksaan udara dari tenggorokan ke paru-paru
    b. kontraksi diafragma
    c. relaksasi otot tulang rusuk
    d. kontraksi otot abdomen
4. Penuruhan pH darah akibat lari akan :
    a. menurunkan laju pernapasan
    b. meningkatkan denyut jantung
    c. menurunkan jumlah oksigen yg dibebaskan dari hemoglobin
    d. menurunkan pengikatan karbodioksida ke hemoglobin
5. Sistem respirasi yang tidak berhubungan erat dengan suplai darah adalah :
    a. paru-paru vertebrata
    b. insang ikan
    c. sistem trakhea serangga
    d. kulit luar cacing tanah

6. Volume udara yang masih dapat dikeluarkan pada saat ekspirasi adalah
   a. Volume Tidal
   b. Cadangan inspirasi
   c. Cadangan ekspirasi
   d. Dead Space
7. Gabungan antara cadangan ekspirasi, cadangan inspirasi dan volume tidal disebut
   a. Kapasitas vital
   b. VO2 maks
   c. Maximal Voluntary Ventilation
   d. Volume Tidal
8. Pada saat bernapas, Tumbuhan mengeluarkan
   a. Oksigen
   b. Karbondioksida
   c. Oksigen dan karbondioksida
   d. Karbohidrat
9. Pertukaran Oksigen dan karbondioksida terjadi akibat
   a. Perbedaan tekanan
   b. Perbedaan permeabilitas
   c. Keperluan hidup
   d. Perbedaan potensial
10. Kekurangan Oksigen dalam jaringan disebut
   a. Anoksia
   b. Anoreksia
   c. Hipoksia
   d. Cyanosis

C. PENILAIAN

1. Penilaian Sikap

Anda diminta untuk melakukan penilaian diri. Penilaian ini dilakukan cara sebagai berikut :

1) Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2) berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

a. Sikap Spiritual

NO	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan				
3	Memberi salam sebelum dan sesudah menyampaikan pendapat/presentasi				
4	Mengungkapakan kekaguman secara lisan maupun tulisan terhadap Tuhan saat melihat kebesaran Tuhan				
5	Merasakan keberadaan dan kebesaran Tuhan saat mempelajari ilmu pengetahuan				
Jumlah Skor					

b. Sikap Jujur

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas				
3	Mengungkapkan perasaan terhadap sesuatu apa adanya				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya				
5	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki				
Jumlah Skor					

c. Sikap Disiplin

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

2. Penilaian Pengetahuan

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Pertukaran karbondioksida dan oksigen pada waktu bernafas terjadi di :
   a. Alveole
   b. Bronchus
   c. Trakhea
   d. Bukan salah satu diatas
2. Sistem pernafasan pada unggas, selain menggunakan paru-paru juga dibantu oleh
   a. kantong hawa
   b. tulang spon
   c. tulang corticoid
   d. bukan salah satu diatas
3. Dalam pernapasan tekanan negatif, inspirasi disebabkan oleh :
   a. pemaksaan udara dari tenggorokan ke paru-paru
   b. kontraksi diafragma
   c. relaksasi otot tulang rusuk
   d. kontraksi otot abdomen
4. Penuruhan pH darah akibat lari akan :
   a. menurunkan laju pernapasan
   b. meningkatkan denyut jantung
   c. menurunkan jumlah oksigen yg dibebaskan dari hemoglobin
   d. menurunkan pengikatan karbodioksida ke hemoglobin
5. Sistem respirasi yang tidak berhubungan erat dengan suplai darah adalah :
   a. paru-paru vertebrata
   b. insang ikan
   c. sistem trakhea serangga
   d. kulit luar cacing tanah

6. Volume udara yang masih dapat dikeluarkan pada saat ekspirasi adalah
    a. Volume Tidal
    b. Cadangan inspirasi
    c. Cadangan ekspirasi
    d. Dead Space
7. Gabungan antara cadangan ekspirasi, cadangan inspirasi dan volume tidal disebut
    a. Kapasitas vital
    b. VO2 maks
    c. Maximal Voluntary Ventilation
    d. Volume Tidal
8. Pada saat bernapas, Tumbuhan mengeluarkan
    a. Oksigen
    b. Karbondioksida
    c. Oksigen dan karbondioksida
    d. Karbohidrat
9. Pertukaran Oksigen dan karbondioksida terjadi akibat
    a. Perbedaan tekanan
    b. Perbedaan permeabilitas
    c. Keperluan hidup
    d. Perbedaan potensial
10. Kekurangan Oksigen dalam jaringan disebut
    a. Anoksia
    b. Anoreksia
    c. Hipoksia
    d. Cyanosis

3. Penilaian Keterampilan

1. Lakukan identifikasi terhadap jenis pernapasan pada ternak sapi yang ada disekolah dengan tanda "√" pada kolom "YA" jika jawaban sesuai, dan kolom "TIDAK" jika jawaban tidak sesuai dengan kriteria keberhasilan di bawah ini.

Kompetensi	Kinerja	Indikator Keberhasilan	Ya	Tidak
Mengidentifikasi jenis pernapasan	Jenis pernapasan dapat diidentifikasi dengan benar	• Alat dan bahan dipesiapkan dengan benar • Hewan ditangani dengan benar • Pengamatan dilakukan dengan cara yang benar • Pengamatan dilakukan secara sistematis • Jenis pernapasan diidentifikasi dengan benar • Alasan dikemukan dengan benar		

2. Buktikan adanya kantong udara pada unggas?

Pembuktian adanya kantong udara pada unggas dilakukan dengan tanda "√" pada kolom "YA" jika jawaban sesuai, dan kolom "TIDAK" jika jawaban tidak sesuai dengan kriteria keberhasilan di bawah ini.

Kompetensi	Kinerja	Indikator Keberhasilan	Ya	Tidak
Mengidentifikasi adanya kantung udara pada unggas	Kantung udara dapat diidentifikasi dengan benar	• Alat dan bahan dipesiapkan dengan benar • Unggas ditangani dengan benar • Unggas disembelih dengan cara yang benar • Lokasi kantung udara ditunjukkan dengan benar • Cara pembuktian dilakukan secara sistematis • Alasan dikemukan dengan benar		

3. Hitung Kapasitas vital paru-paru anda

Kompetensi	Kinerja	Indikator Keberhasilan	Ya	Tidak
Menentukan kapasitas vital paru-paru	Kapasitas vital paru-paru ditentukan dengan benar	• Alat dan bahan dipesiapkan dengan benar • Formula ditentukan dengan benar • Urutan pengukuran dilakukan dengan benar • Pengukuran dilakukan dengan cara yang benar • Hasil pengukuran ditunjukkan dengan benar		

Kegiatan Pembelajaran 3. Sistem Peredaran Darah

A. Deskripsi

Bagian buku ini akan menjelaskan tentang system peredaran darah ruminansia dan non ruminansia mulai dari fungsi darah ,jantung, komposisi darah dan pembuluh darah.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi Sistem peredaran darah pada ruminansia dan non ruminansia, anda dapat :

a. Menalar system peredaran darah hewan ruminansia
b. Menalar system peredaran darah non ruminansia

Alokasi Waktu : Waktu Pembelajaran : 24 JP (4 JP x 6)

2. Uraian Materi.

MENGAMATI / OBSERVASI :

Lakukan pengamatan terhadap system syaraf hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

1. Membaca uraian materi tentang system peredaran daran hewan ruminansia dan, non ruminasia.
2. Mencari informasi di lokasi setempat tentang system peredaran darah hewan ruminansia dan non ruminansia melalui internet, buku, modul atau sumberlainnya
3. Mengamati suatu proses yang berkaitan dengan system peredaran darah hewan ruminansia dan non ruminansia.

a). Pendahuluan

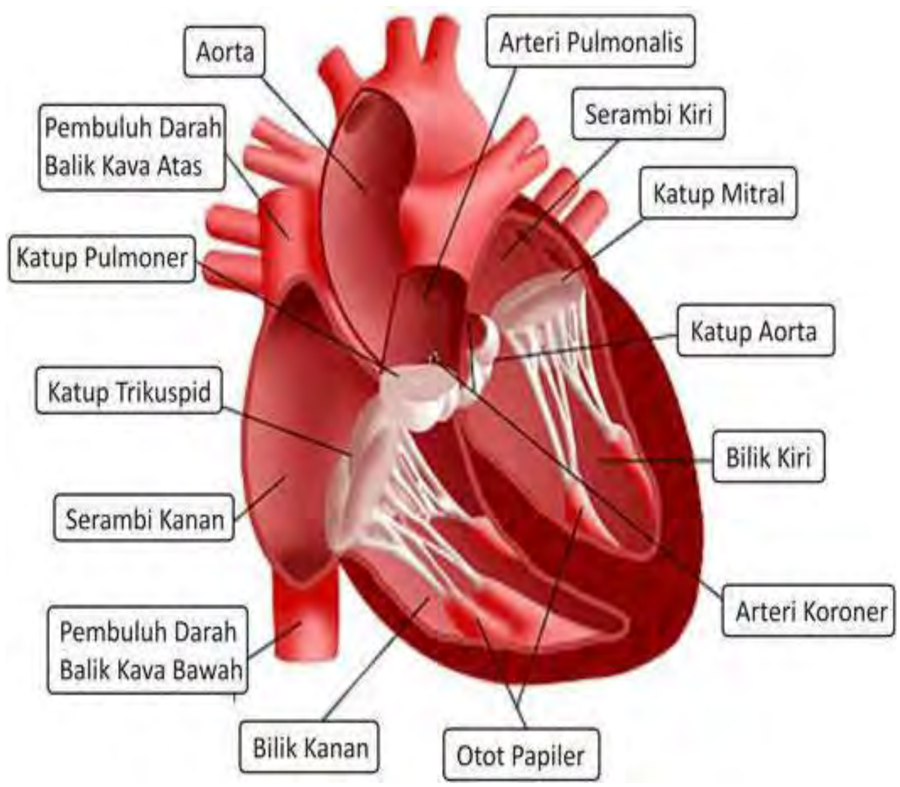
Pernahkah anda mendonorkan darah anda? Di Negara kita ada organisasi yang secara konsisten mengumpulkan dan mendistribusikan darah. Palang Merah Indonesia (PMI) secara rutin menggelar pengumpulan darah. Darah yang dikumpulkan kemudian disalurkan bagi orang-orang yang membutuhkan karena berbagai hal. Bagaimana pentingnya sehingga perlu ada lembaga yang khusus mengurusi masalah darah ini? Beralih pada dunia hewan, kalau kita perhatikan pada proses pemotongan hewan, hewan akan segera mati setelah sebagian besar darah hilang keluar tubuh. Seberapa besar peran dan fungsi darah dalam kelangsungan kehidupan ?

Pada hewan ukuran kecil, sistem peredaran darah tidak diperlukan untuk transportasi zat-zat yang diperlukan tubuh seperti zat makanan, oksigen dan sisa metabolisme karena dapat berdifusi melalui ruang antar sel dengan mudah sehingga tidak diperlukan sistem transportasi untuk zat-zat tersebut diatas. Berbeda dengan dengan hewan yang berukuran lebih besar dimana aktivitasnya lebih tinggi sehingga kebutuhan zat untuk hidupnya juga lebih besar. Kebutuhan yang besar ini tidak mungkin disuplai dengan jalan difusi, sehingga dibutuhkan sistem peredaran darah sebagai alat transportasi untuk mensuplai berbagai kebutuhan zat untuk keperluan tubuh. Sistem peredaran darah terdiri atas darah, pembuluh darah dan jantung sebagai pusat peredaran.

b). Bagaimana darah bisa mengalir ?

Jantung merupakan komponen dalam sistem sirkulasi yang berfungsi sebagai pompa penggerak cairan tubuh disepanjang pembuluh darah. Aliran darah dalam pembuluh merupakan proses yang dinamis yang dipengaruhi oleh viskositas darah, tekanan hidrostatik, energi, tekanan darah dan tahanan pada dinding pembuluh darah. Kontraksi otot jantung merupakan kontraksi

miogenik, artinya rangsangan untuk konstraksi berasal dari jantung itu sendiri bukan akibat rangsangan dari luar. Untuk lebih memahami bentuk dan struktur jantung mari kita lakukan eksperimen sebagai mana yang terdapat dalam lembar kerja.



Gambar 26. Anatomi jantung

Jantung memiliki empat rongga yang terdiri atas dua serambi yang berdinding tipis dan dua bilik yang berdinding lebih tebal. Jantung ruminansia mempunyai 4 ruang yang terbagi sempurna dan terletak didalam rongga dada serta terbungkus oleh perikardium Jantung merupakan organ otot yang berperan penting dalam peredaran darah. Secara anatomis, jantung dibagi menjadi 4 ruang yaitu dua ventrikel atau bilik (bilik kanan dan bilik kiri) yang berdinding tebal dan 2 atrium atau serambi (serambi kanan dan serambi kiri) yang berdinding tipis. Serambi dan bilik berkontraksi secara bergantian. Pada saat serambi berkontraksi jalan masuk darah dari vena ke

serambi tertutup oleh kontraksi otot disekitarnya dan tekanan darah didalamnya meningkat sehingga darah akan terdorong menuju bilik yang pada saat itu sedang relaksasi. Pada saat itu darah akan melewati klep atriovetrikularis yaitu dua klep yang membatasi rongga serambi dan bilik. Kedua klep tersebut adalah klep bikuspidalis yang merupakan pembatas antara rongga serambi dan bilik jantung sebelah kanan, dan klep trikuspidalis yang mengjadi pembatas rongga serambi dan bilik jantung sebelah kiri. Pada saat bilik berkontraksi , serambi mengalami relaksasi sehingga jalan darah dari vena terbuka yang mengakibatkan penurunan tekanan dalam serambi sehingga darah masuk kedalam serambi jantung. Dari keempat ruang ini memungkinkan terjadinya peredaran darah secara efisien. Urutan kontraksi tersebut diatas disebut siklus jantung. Satu sikuls jantung menghasilkan satu denyutan. Hal ini dapat dideteksi dengan mendengarkan suara jantung yang merupakan suara menutupnya klep atrioventrikularis dan diikuti menutupnya klep semilunaris yang merupakan katup antara bilik dan pembuluh arteri.

Kecepatan denyut jantung dikendalikan oleh sistem syaraf simpatis dan parasimpatis. Syaraf simpatis bekerja untuk mempercepat denyut jantung, sedangkan syaraf vagus bekerja untuk memperlambat denyut jantung.

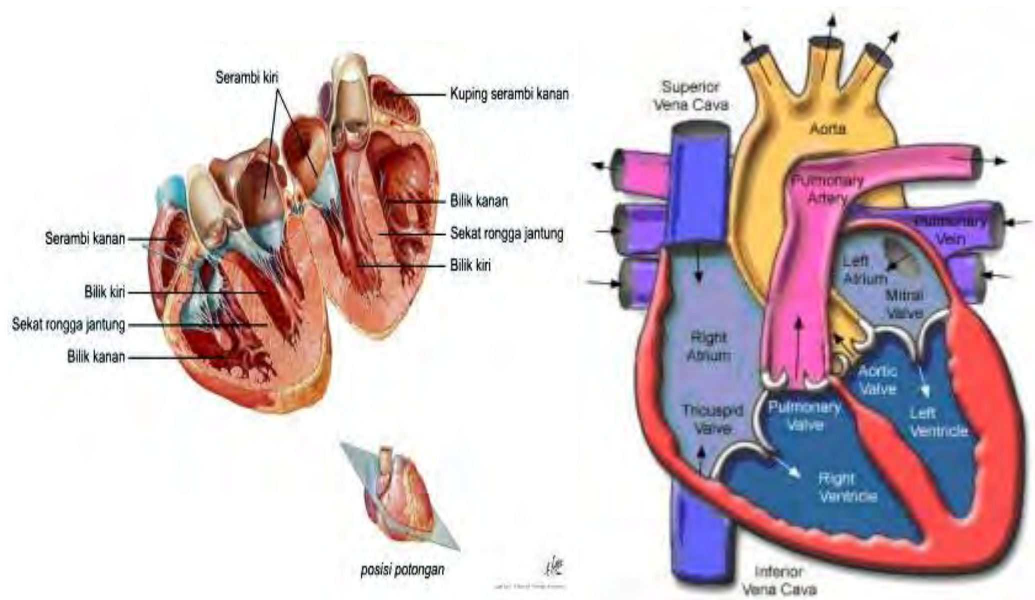
Jantung terletak dalam rongga perikardial dan diselaputi dengan epitel selom yang licin, pericardium visceral. Jantung dilapisi oleh epitel skuama sederhana dan endotel yang melapisi semua bagian sistem sirkulasi. Sedangkan dinding terdiri atas jaringan ikat padat yang membentuk suatu kerangka fibrosa dan otot jantung. Otot jantung merupakan otot kerangka yang serabut-serabutnya bercabang dan bernastomosis secara erat. Permukaan dalam dan luar jantung ditutupi oleh lapisan endocardium dan epicardium. Seluruh jantung diseliputi selaput pericardium yang transparan.

Otot jantung mempunyai karakteristik fisiologis yang dicirikan oleh fungsi jantung yaitu :

1. Excitability , merupakan kemampuan jantung berkontraksi bila mendapat rangsangan dengan intensitas yang cukup besar. Respon jantung berupa perambatan potensial aksi dan kontraksi mekanik.
2. Conductivity, adalah kemampuan jantung untuk merambatkan impuls.
3. Contractility adalah kemampuan jantung untuk berkontraksi. Kontraksi jantung dikenal dengan sistol, kemudian relaksasi atau pengendoran yang disebut diastol. Kecepatan kontraksi otot jantung lebih lambat dari daripada kontraksi otot polos.
4. Automaticity adalah kemampuan jantung untuk berdenyut dengan sendirinya tanpa impuls yang datang dari luar jantung. Denyut jantung ditimbulkan oleh otot jantung itu sendiri, sedangkan frekuensi denyut jantung dipengaruhi oleh aktivitas saraf dan hormon. Pada mamalia , yang pertama menimbulkan denyut adalah nodus sinoauricularis.
5. Hukum starling pada jantung; Otot jantung tidak berkontraksi bila kekuatan rangsangan tidak cukup kuat, tetapi akan berkontraksi secara maksimal jika kekuatan rangsangan cukup kuat. Sifat ini dikenal sebagai *"all or none law"*
6. Aksi vagus terhadap jantung ; saraf vagus jantung akan menghambat gerakan jantung dan diimbangi dengan syaraf simpatetik yang mempercepat denyut jantung.
7. Jantung mempunyai periode refrakter yang lama. Periode refrakter adalah saat yang menujukkan bahwa jaringan hidup kehilangan sifat eksitabilitas untuk sementara. Jadi pada saat itu jaringan tersebut jaringan tidak memberikan respon bila dirangsang. Periode refrakter pada jantung terjadi saat sistol berlangsung.

c). Bagaimana jantung berdenyut ?

Bagaimana efeknya apabila jantung berhenti berdenyut ? Bisa kita bayangkan bagaimana kalau pompa yang mengalirkan air untuk melakukan penyiraman tanaman mati, maka tentu ada tanaman yang kurang mendapatkan air. Kita tidak membayangkan bila yang tidak teraliri itu adalah otak, maka akibatnya tentu sangat fatal. Karena otak merupakan pusat susunan syaraf. Untuk melihat mekanisme denyut jantung mari kita lakukan kegiatan **pengamatan** sebagai mana kegiatan dalam lembar kerja.



Gambar 27. Potongan melintang jantung

Siklus jantung dapat dikategorikan dalam tiga periode yaitu presistol, sistol dan diastol. Presistol adalah merupakan waktu permulaan kontraksi atrium sampai ke permulaan kontraksi ventrikel. Sistol merupakan kontraksi permulaan sampai akhir kontraksi ventrikel. Sedangkan diastol adalah periode dimana atrium dan ventrikel dalam keadaan istirahat.

Denyutan jantung bergantung pada perbedaan tekanan yang melewati atrium dan ventrikel. Ventrikel berelaksasi sesudah denyutan terakhir

sehingga tekanan turun sampai dibawah tekanan atrium, katup atrioventrikuler terbuka, dan darah tambahan kedalam ventrikel. Kemudian kontraksi ventrikel dimulai, tekanan dalam ventrikel meningkat dan katup atrioventrikuler menutup fase pengisian dengan kontraksi ventrikel sampai katup aorta terbuka.

Darah yang banyak mengandung karbondioksida masuk kejantung melalui vena kava anterior dan posterior kedalam serambi kanan. Selanjutnya darah akan ke bilik kanan yang terus akan dipompakan melalui arteri pulmonalis ke paru-paru untuk dibersihkan karbondioksidanya dan digantikan dengan oksigen.

Dari paru-paru melalui vena pulmonalis darah yang mengandung oksigen akan memasuki serambi kiri dan seterusnya ke bilik kiri dan diedarkan ke seluruh tubuh. Satu siklus jantung menghasilkan sekali denyutan jantung.

Pada mamalia kontraksi jantung dimulai dari simpul sinoatrium yaitu suatu simpul yang terdiri atas otot jantung khusus yang terletak dalam bagian dinding atrium kanan tempat sinus venosus digabungkan. Impuls ini menyebar keseluruh bagian atrium dan ke simpul serabut purkinje lainnya. Tingkat denyut juga diatur oleh sistem syaraf otonom.

Sistem sirkulasi pada mamalia secara umum terdiri atas tiga jalur yaitu jalur sistemik, jalur pulmonary dan jalur portal. Jalur sistemik dimulai dengan aorta yang berasal dari ventrikel kiri. Jalur ini membawa darah yang kaya akan oksigen dengan semua zat nutrisi yang dibutuhkan sel. Darah dipompa dari ventrikel kiri ke aorta kemudian melalui cabang-cabangnya menuju ke setiap organ tubuh kecuali paru-paru. Darah dari berbagai organ kemudian masuk ke atrium kanan melalui vena cava superior dan vena cava inferior.

Jalur pulmonary merupakan jalur yang berasal dari ventrikel kanan dan membawa darah miskin oksigen tetapi kaya karbondioksida menuju paru-paru. Kemudian dari paru-paru menuju atrium kiri melalui vena pulmonary.

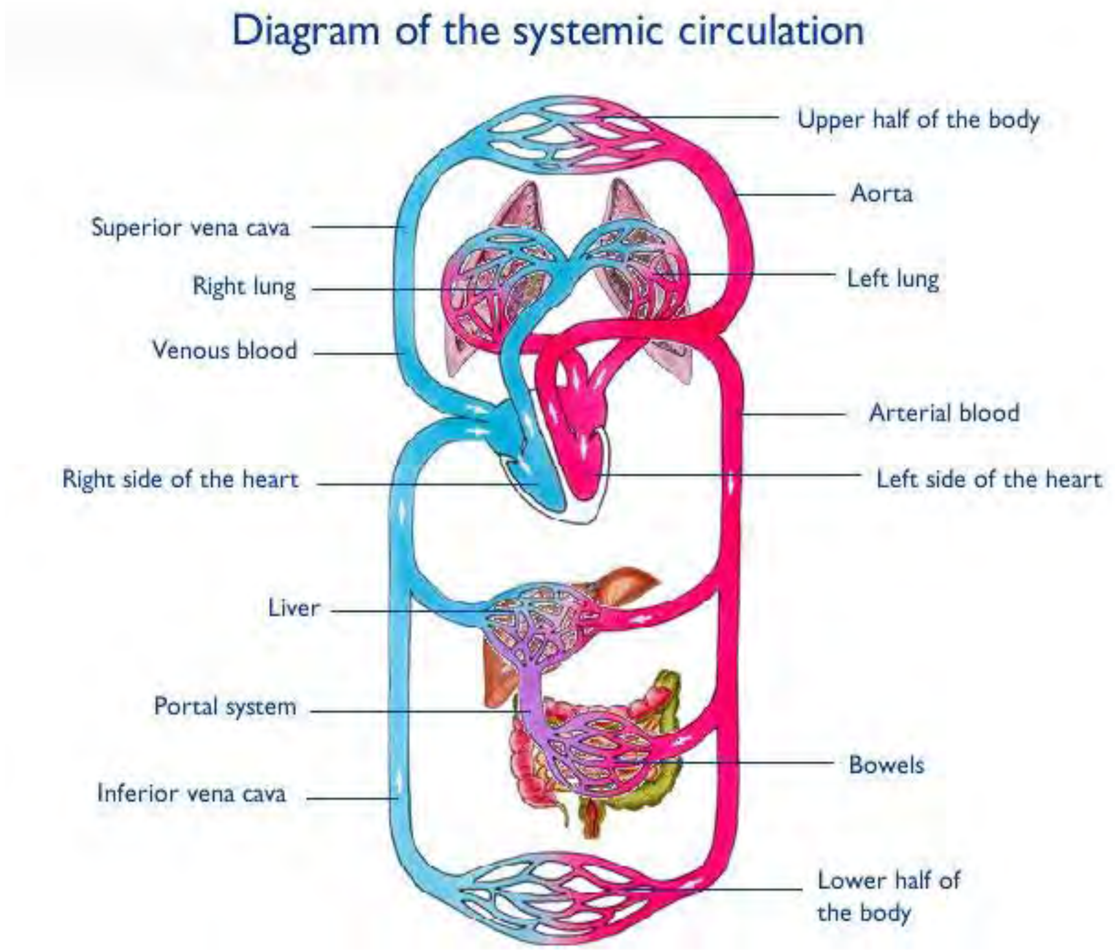
Jalur portal merupakan jalur kembalinya darah dari organ saluran pencernaan, limfa, dan pankreas menuju hati, dan dari hati kembali ke jantung.

Pada hewan yang mempunyai sistem sirkulasi tertutup, darah dan cairan jaringan merupakan dua macam cairan yang terpisah. Darah terdiri atas cairan plasma dan sel darah, sementara cairan jaringan dibentuk dengan menyaring plasma yang kemudian akan berdifusi melalui dinding kapiler menuju ruang antar sel.

Sebaliknya pada hewan yang mempunyai sistem sirkulasi terbuka pembatasan antara cairan jaringan dan cairan darah tidak dapat dilakukan secara sempurna. Hal ini terjadi karena cairan yang mengalir dalam pembuluh dan diruang antar sel merupakan cairan yang sama. Jantung merupakan suatu organ otot berongga yang terletak di pusat dada. Bagian kanan dan kiri jantung masing-masing memiliki ruang sebelah atas (*atrium* yang mengumpulkan darah dan ruang sebelah bawah (*ventrikel*) yang mengeluarkan darah. Agar darah hanya mengalir dalam satu arah, maka ventrikel memiliki satu katup pada jalan masuk dan satu katup pada jalan keluar.

Fungsi utama jantung adalah menyediakan oksigen ke seluruh tubuh dan membersihkan tubuh dari hasil metabolisme (*karbondioksida*). Jantung melaksanakan fungsi tersebut dengan mengumpulkan darah yang kekurangan oksigen dari seluruh tubuh dan memompanya ke dalam paru-paru, dimana darah akan mengambil oksigen dan membuang karbondioksida; jantung kemudian mengumpulkan darah yang kaya oksigen dari paru-paru dan memompanya ke jaringan di seluruh tubuh. Darah akan mengalir melalui pembuluh yang sangat kecil (*kapiler*) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru, menyerap oksigen dan melepaskan karbondioksida. Darah yang kaya akan oksigen mengalir di dalam *vena pulmonalis* menuju ke atrium kiri. Peredaran darah diantara bagian kanan jantung, paru-paru dan atrium kiri disebut *sirkulasi pulmoner*. Darah dalam

atrium kiri akan didorong ke dalam ventrikel kiri, yang selanjutnya akan memompa darah yang kaya akan oksigen ini melewati *katup aorta* masuk ke dalam *aorta* (arteri terbesar dalam tubuh). Darah kaya oksigen ini disediakan untuk seluruh tubuh, kecuali paru-paru.



Gambar 28. Sistem Peredaran Darah Mamalia

d). Bagaimana mengetahui adanya tekanan systole dan diastole ?

Seperti sudah dijelaskan bahwa denyut jantung terdiri atas kontraksi ventrikel yang menyebabkan tekanan systole dan kontraksi atrium yang menyebabkan tekanan diastole. Seberapa kuat tekanan systole dan diastole tersebut sehingga bisa mengalirkan darah keseluruh tubuh? Untuk mengetahui besarnya tekanan systole dan diastole tersebut, marilah kita

lakukan pengukuran tekanan systole dan diastole atau yang sering disebut tekanan darah. Untuk mempermudah latihan pengukuran kita lakukan pada diri kita masing-masing. Sebelum melakukan pengukuran , kita siapkan alat dan bahan yang diperlukan yaitu : Stopwatch, spigmomanometer dan alat tulis. Langkah-langkah dalam pengukuran tekanan darah yang harus dilakukan adalah sebagi berikut :

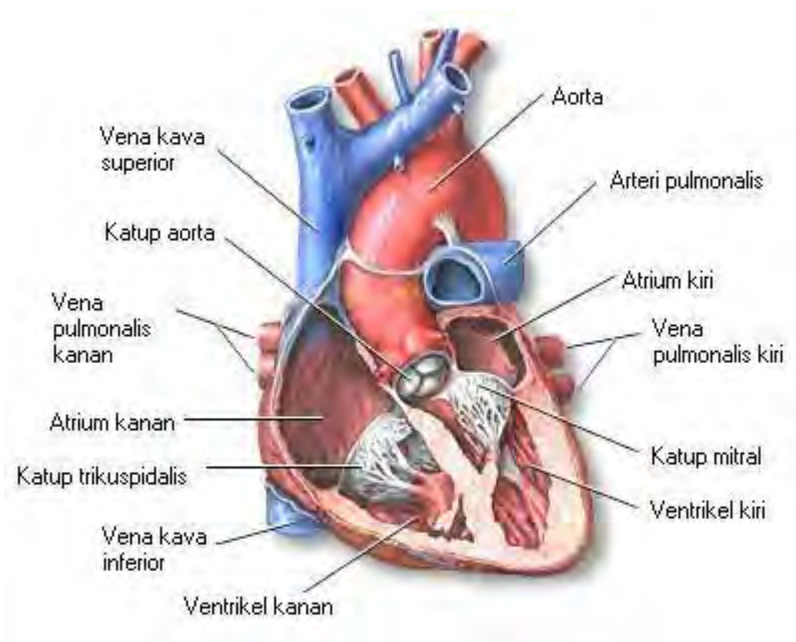
a. Melakukan pengukuran tekanan darah pada seluruh siswa
b. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spigmomanomeneter terhadap siswa dengan berbagai posisi (aktivitas) yaitu duduk, berdiri, berjalan santai, jalan cepat, dan berlari (masing-masing selama 5 menit).
c. Catat hasil pengukuran sistole dan diastole pada lembar kerja
d. Buat grafik hubungan aktivitas dan jenis kelamin dengan tekanan darah manusia
e. Interpretasikan hasil yang diperoleh.



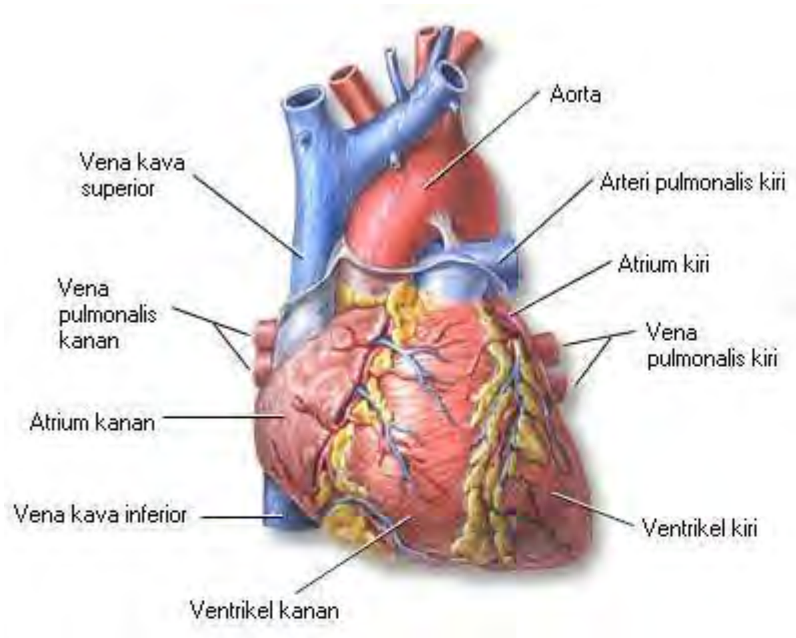
Gambar 29. Spigmomanometer

Setelah kegiatan diatas telah selesai , dilanjutkan dengan mengukur denyut nadi , yang merupakan refleksi frekuensi denyut jantung. Alat yang dibutuhkan untuk kegiatan ini adalah stopwatch dan stetoskop. Penghitungan denyut nadi dilakukan pada pergelangan tangan untuk

masing-masing siswa pada beberapa keadaan yaitu : duduk istirahat, berdiri, jalan santai, jalan cepat dan berlari (masing-masing selama 5 menit). Hitung jumlah detakan selama 60 detik dengan bantuan stetoscope atau dirasakan secara langsung. Catat hasil yang diperoleh untuk semua siswa baik laki-laki maupun perempuan. Buat grafik hubungan antara aktivitas, jenis kelamin dan jumlah detakan per menit lalu interpretasikan hasil penghitungan anda



Gambar 30. Bagian Dalam Jantung



Gambar 31. Jantung

e). Darah

Untuk memahami darah tentang darah baik komposisi, struktur dan bentuk sel darah dapat kita lakukan dengan :

Darah terdiri atas sel darah dan plasma darah. Sel darah terdiri atas eritosit, leukosit dan trombosit. Plasma merupakan cairan komponen penyusun darah yang memiliki komposisi yang sangat berbeda dengan cairan intrasel. Plasma mengandung sejumlah protein yang berguna untuk menghasilkan tekanan osmotik plasma. Protein plasma terdiri atas fibrinogen, globulin dan albumin. Fibrinogen berfungsi dalam pembekuan darah, globulin berfungsi dalam sistem kekebalan dan albumin bertanggungjawab dalam mempertahankan volume plasma darah.

Darah merupakan media transportasi dalam tubuh. Bagian cairan darah, plasma, adalah cairan kekuning-kuningan terutama terdiri dari air. Semua

nutrisi penting, hormon, dan protein pembekuan serta produk limbah diangkut dalam plasma. Sel darah merah dan sel darah putih juga tersuspensi dalam plasma. Plasma yang telah dihilangkan protein pembekuan disebut serum.

Plasma kaya akan protein-protein terlarut lipid, dan karbohidrat. Limfe sangat mirip dengan plasma, hanya saja kosentrasinya sedikit lebih rendah, total berat darah sendiri merupakan satu per dua belas berat tubuh, dan pada manusia umumnya volume darah adalah kurang dari lima liter (George, 1999).

Komposisi kimia dan sifat-sifat plasma pada berbagai hewan belum banyak diketahui. Plasma darah pada manusia kira-kira 55% dari volume darah seluruhnya. Mempunyai kekentalan (viskositas) 1,7-2,2 kali air. Massa jenis antara 1.025-1.034. Mempunyai komposisi yang kira-kira tetap yaitu 90% air, 7% protein, 0,9% macam-macam garam, 0,1 % glukosa. Selain itu mengandung bahan-bahan organik dan anorganik lain dalam jumlah yang sangat kecil.

Bahan organik yang paling banyak dalam plasma darah yaitu protein dan disebut protein plasma. Protein plasma kira-kira 200-300 gram atau kira-kira 6-8 % dari berat seluruh plasma darah. Protein terdapat dalam bentuk koloid dan mempengaruhi kekentalan darah. Jenis protein terdapat dalam plasma darah meliputi albumin, globulin (alfa-1 globulin, alfa-2 globulin, beta globulin dan gama globulin) dan fibrinogen. Albumin alfa globulin, beta globulin protrombin dan fibrinogen dibentuk didalam hati sedangkan gama globulin diproduksi oleh sel plasma, jaringan limfoid dan nodus limfatikus.

Albumin disebut pula serum albumin merupakan protein plasma yang paling besar jumlahnya dalam plasma yaitu kira-kira 4-5% dari berat plasma darah. Albumin dihasilkan dihati oleh sel Kupffer. Albumin mempunyai berat molekul 68.000, merupakan partikel dengan bentuk lonjong. Albumin menyebabkan plasma mempunyai potensial osmotik kira-kira 30 mmHg.

Globulin atau disebut pula serum globulin bentuk partikelnya lebih lonjong dari albumin. Globulin dalam darah kira-kira 2,5% dari berat plasma. Berat molekulnya antara 90.000-1.300.000. Perbandingan konsentrasi masing-masing jenis globulin adalah alfa globulin 2,25%, beta globulin 0,80% dan gama globulin 0,66%.

Protein plasma yang lain adalah fibrinogen dan protrombin. Konsentrasi fibrinogen dalam darah kira-kira 0,35% (0,35 gram per 100 ml plasma). Protrombin juga dibentuk dihati dan dalam proses pembentukannya diperlukan vitamin K.

Protein plasma mempunyai beberapa kegunaan, antara laian adalah sebagai berikut:

- Fibrinogen memegang peranan penting dalam proses pembekuan darah. Dengan adanya pembekuan darah, pendarahan dapat dihindarkan
- Albumin, globulin, dan fibrinogen adalah penting untuk mempertahankan tekanan osmose darah. Besarnya tekanan osmose yang ditimbulkan oleh ketiga protein tersebut berkisar antara 25-39 mmHg. Adanya tekanan osmose yang relatif tinggi ini menyebabkan adanya perpindahan cairan dari cairan jaringan kedarah sehingga dapat mencegah adanya penimbunan cairan dijaringan
- Protein plasma menyebabkan darah menjadi agak kental sehingga dapat mempertahankan tekanan darah yang penting untuk mengefisiensikan kerja jantung.
- Protein plasma turut membantu keseimbangan asam basa atau PH darah
- Globulin memegang peranan penting dalam mekanisme pertahanan tubuh
- Merupakan cadangan protein jika protein dalam makanan berkurang

Sel darah merah berfungsi untuk mengangkut oksigen. Sel ini merupakan cakram yang kedua sisi permukaannya cekung (bikonkaf) dengan pinggiran

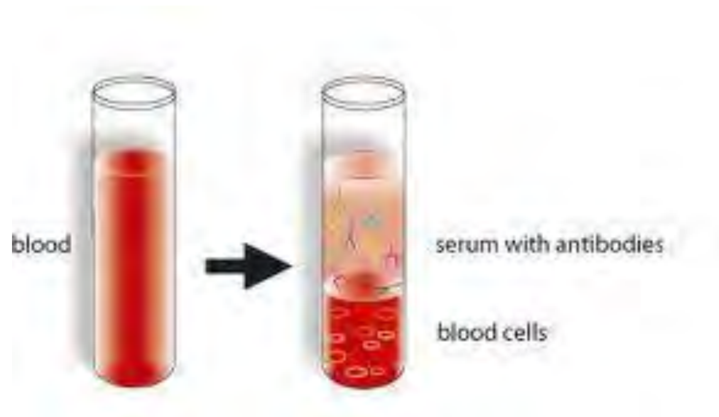
yang tebal dan pusatnya tipis. Hemoglobin yang ada dalam sel darah memungkinkan eritosit mengangkut oksigen dan penyebab warna merah pada darah. Hemoglobin bergabung dengan oksigen dalam paru-paru membentuk oksihemoglobin. Hemoglobin ini memungkinkan darah mengangkut oksigen 60 kali lebih banyak dibanding dengan air dalam kondisi yang sama. Methemoglobin merupakan produk oksidasi dari hemoglobin yang tidak mampu mengangkut oksigen karena zat besi dalam status Fe^{+++} . Nitrit merupakan penyebab methemoglobenia pada hewan. Hewan yang mengkonsumsi rumput yang banyak mengandung nitrat akan menyebabkan methemoglobenia. Sedangkan karboksihemoglobin merupakan rekasi antara karbonmonoksida dengan hemoglobin. Reaksi ini membentuk senyawa yang stabilitasnya 210 kali lebih kuat daripada hemoglobin dengan Oksigen. Akibatnya hewan akan mengalami aspiksia.

Sel darah merah pada unggas memiliki nukleus sedangkan pada mamalia tidak memiliki nukleus. Sel darah dibentuk di dalam limpa. Limpa adalah suatu organ yang berbentuk bulat lonjong yang terletak di dalam rongga perut, berdekatan dengan empedal. Baik sel darah merah maupun sel darah putih dibentuk di dalam limpa, dan limpa ini berperan dalam penyimpanan sel darah merah. Peran limpa sangat penting karena berkaitan dengan pembentukan sel darah yang bertanggung jawab terhadap produksi antibodi.

Darah yang masuk dari seluruh tubuh ke jantung tidak mengandung oksigen (*deoxygenated blood*). Darah dari seluruh tubuh ini akan masuk ke jantung melalui atrium kanan, kemudian melalui ventrikel kanan. Adanya gerakan pompa jantung, darah yang berada pada ventrikel kanan akan masuk ke paru-paru. Pada paru-paru darah akan melepaskan *karbondioksida* dan menyerap *oksigen*. Darah segar yang mengandung oksigen akan mengalir melalui ventrikel kiri menuju ke atrium kiri. Dengan adanya gerakan mendorong dari ventrikel kiri, darah akan masuk ke sistem arteri dan dibawa ke seluruh tubuh. Selanjutnya darah dari seluruh tubuh yang membawa

produk buangan kembali ke jantung melalui sistem vena. Proses ini berulang-ulang secara teratur.

Serum darah terdiri dari plasma yang telah dihilangkan fibrinogennya. Plasma adalah bagian cair darah dan berwarna kuning dan sebagian besar terbuat dari air. Fibrinogens terdiri dari protein yang menyebabkan darah menggumpal. Komponen serum sering diukur selama tes laboratorium di mana pekerjaan darah diperlukan dan ada berbagai tes penggunaan mereka.



Gambar 32. Serum darah

Albumin merupakan salah satu komponen serum yang sering diuji. Albumin merupakan protein larut air hadir dalam darah. Ini adalah protein yang paling melimpah dalam plasma semua mamalia. Bahkan, albumin membentuk setengah dari protein yang ditemukan dalam plasma. Secara alami, albumin adalah protein pembawa. Hal ini digunakan untuk mengangkut beberapa hormon dan asam lemak seluruh tubuh. Globulin adalah satu lagi komponen serum hadir dalam plasma. Globulin juga protein. Hal ini diproduksi baik oleh hati dan oleh sistem kekebalan tubuh. Kekurangan Antibodi sering dicurigai bila kadar globulin rendah. Istilah globulin kadang-kadang digunakan ketika merujuk ke protein globular. Hal ini dapat menyesatkan karena beberapa protein globular, seperti albumin, globulin tidak benar-benar sendiri. Lainnya komponen serum adalah sekelompok molekul yang dikenal sebagai lipid. Lipid mencakup hal-hal

seperti lemak, minyak, dan trigliserida. Kolesterol sering diperiksa juga selama profil lipid. Tes ini dapat membantu menentukan apakah pasien menderita kondisi seperti penyakit jantung koroner atau pengerasan pembuluh darah. Serum besi adalah satu lagi tes lain dilakukan saat memeriksa komponen serum. Tes ini sering dilakukan ketika kekurangan zat besi yang diduga seperti anemia. Tes ini umumnya dilakukan bersama dengan tes lainnya untuk secara akurat mengukur tingkat zat besi yang beredar dalam aliran darah. Elektroforesis protein serum adalah tes lain digunakan ketika pengujian komponen serum. Tes ini digunakan untuk mengukur protein yang dikenal sebagai globulin. Dalam tes khusus ini, protein globular sebenarnya dipisahkan dan diklasifikasikan menurut muatan listrik dan ukuran. Tes ini mengukur serum albumin, globulin alfa, beta globulin para, dan gamma globulin.

Ini total serum protein tes lain dari komponen serum. Tes ini sering digunakan di tempat uji elektroforesis protein serum. Tes ini umumnya lebih disukai karena ini adalah tes yang jauh lebih murah. Ini hasil tes total serum protein juga dilengkapi kembali jauh lebih cepat daripada hasil uji elektroforesis protein serum.

Antiserum adalah produk yang berasal dari darah yang dapat digunakan untuk mengaktifkan sistem kekebalan tubuh seseorang yang telah terkena patogen atau toksin sehingga sistem kekebalan tubuh dapat menghilangkannya. Antisera digunakan bila pengobatan lain tidak tersedia, atau sebagai salah satu garis pertahanan dalam rencana pengobatan, tergantung pada spesifikasi situasi. Banyak perusahaan memproduksi antiserum untuk penggunaan medis dan penelitian, dan aplikasi yang paling umum dari antiserum adalah sebagai produk antivenin digunakan untuk mengobati paparan ular berbisa dan binatang beracun lainnya.

Antiserum terdiri dari serum darah, plasma darah yang dimurnikan , sarat dengan antibodi poliklonal yang dihasilkan oleh organisme inang. Antibodi

poliklonal klon sel induk yang menghasilkan antibodi terhadap satu atau lebih antigen. Ketika antibodi memasuki tubuh pasien, mereka menempel pada antigen, mereka mengenali dan sistem kekebalan tubuh melihat mereka sehingga bisa menyerang. Pada dasarnya, tindakan antiserum seperti bendera, menempel ke antigen dengan penandaan sehingga mereka dapat dilihat oleh sistem kekebalan tubuh. Beberapa racun dan zat patogen mengandalkan sementara sistem kekebalan tubuh yang tersisa. Mereka relatif lemah, dan ketika sistem kekebalan tubuh terbangun dengan infus antiserum, dapat menghilangkan penyerbu yang bermusuhan. Sumber Antiserum bervariasi, tergantung pada jenis patogen atau toksin seseorang yang telah terkena. Salah satu sumber adalah hewan yang berhasil bertahan hidup dari terinfeksi atau terkena serangan berbisa. Misalnya, dengan Tetanus, penyakit yang berbahaya yang sulit dilakukan perawatan, antiserum yang dimurnikan dari darah dari beberapa hewan percobaan yang diinfeksi tetanus dan berhasil mengobati orang-orang yang telah terkena penyakit. Antibodi yang berasal dari korban manusia kadang-kadang digunakan pada tahap awal epidemi, sementara peneliti masih mengidentifikasi penyakit dan mengembangkan pendekatan untuk pengobatan. Secara komersial, antiserum dapat dihasilkan dari hewan yang membawa infeksi, tetapi tidak sakit, atau dari hewan yang terkena jumlah kecil dari patogen dari waktu ke waktu. Eksposur tersebut memberikan sistem kekebalan tubuh dari waktu hewan untuk merespon dan mengembangkan antibodi, dan darah dapat diambil dan diproses untuk mengembangkan antiserum. Antisera dapat berlangsung singkat, dan mungkin cukup mahal karena jumlah pekerjaan yang terlibat dalam produksi, sehingga mereka biasanya disimpan ditebar di pusat medis utama saja, dengan rumah sakit dan klinik membuat permintaan ketika mereka membutuhkan antiserum spesifik yang lebih kecil.

f). Bagaimana bentuk sel darah ?

Ada tiga macam sel darah yaitu eritrosit, leukosit dan trombosit. Masing - masing mempunyai fungsi khusus, fungsi utama eritrosit ialah pengangkutan gas pernapasan, leukosit untuk pertahanan tubuh sedangkan trombosit untuk pembekuan darah.

1) Eritrosit

Bentuk dan ukuran eritrosit tergantung pada jenis hewan. Pada mamalia sel darah merahnya tidak mempunyai inti, bentuknya bulat (kecuali pada Camellidae bentuknya lonjong) dan bikonkav. Eritrosit pada kebanyakan vertebrata yang lain mempunyai bentuk lonjong, berinti dan bikonveks. Pada umumnya eritrosit yang tidak berinti memiliki ukuran darah yang lebioh kecil dari pada yang berinti. Eritrosit yang ukurannya paling besar terdapat pada bangsa amfibia.

Menurut strukturnya eritrosit terdiri atas membran sel dan substansi seperti spon disebut stroma dan hemoglobin yang menempati ruang-ruang kosong dari stroma. Membran sel eritrosit terdiri dari lipoprotein, golongan lipidanya adalah kolesterol, sepalin dan lesitin sedangkan golongan proteinnya adalah stromatin. Eritrosit berisi bermacam-macam substansi diantaranya adalah glukosa, enzim (katalase, karbonat, anhidrase), garam-garam organik dan anorganik.

Jumlah eritrosit tiap mm kubik untuk tiap jenis hewan berbeda-beda. Perbedaan ini dapat pula disebabkan karena faktor fisiologis. Faktor fisiologis yang mempengaruhi jumlah eritrosit pada adalah :

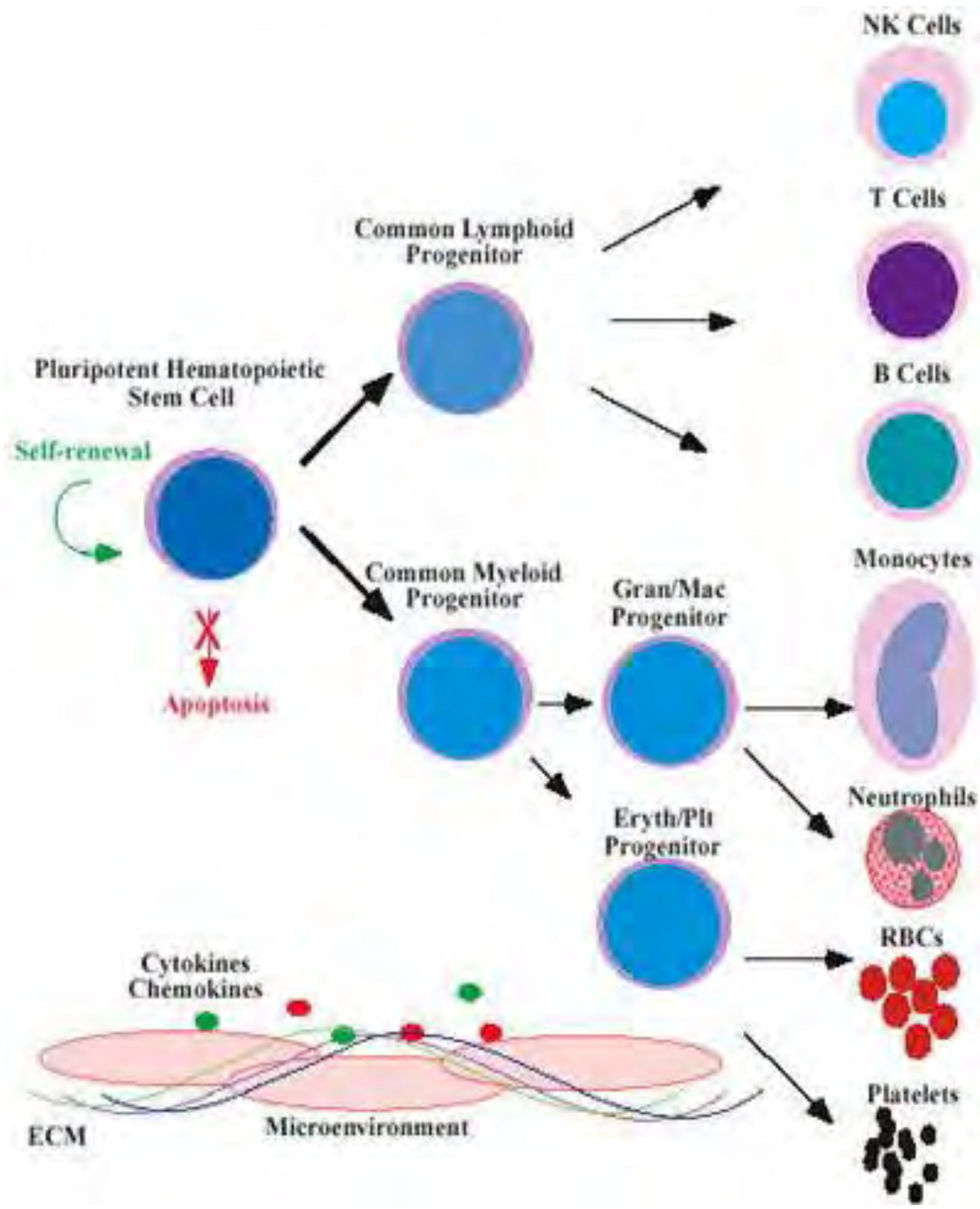
- umur : eritrosit pada saat lahir jumlahnya paling tinggi yaitu sekitar 6,83 juta/mm kubik. Kemudian menurun dan pada umur 4 tahun jumlahnya 4 juta/mm kubik kemudian jumlahnya naik lagi dan pada umur 5 tahun keatas jumlahnya jumlahnya 5 juta/mm kubik

- aktivitas : hewan yang melakukan aktivitas yang dilakukan secara teratur akan menaikan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin
- ketinggian tempat : hewan yang hidup didaerah dataran tinggi, jumlah eritrosit dan hemoglobinnya lebih banyak

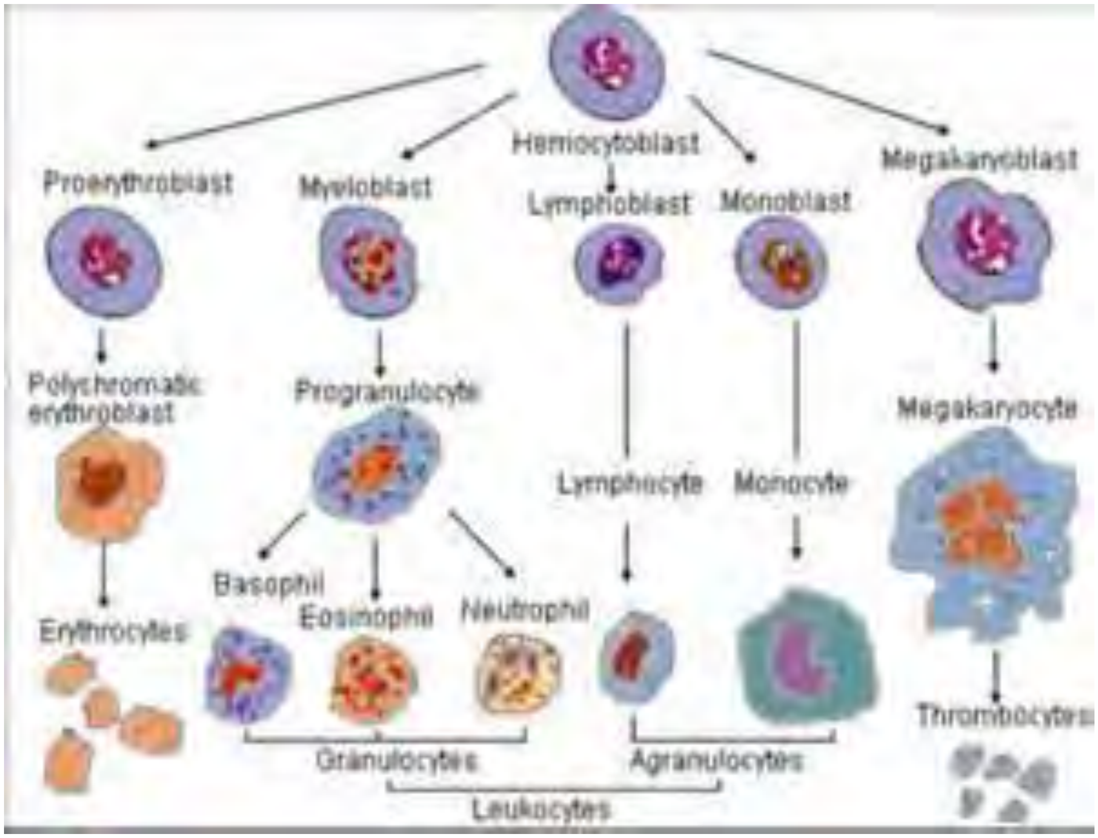
Sel darah merah sel berbentuk cakram yang diproduksi di sumsum tulang. Sel darah merah tidak memiliki inti, dan sitoplasma mereka dipenuhi dengan hemoglobin. Hemoglobin adalah protein pigmen merah yang mengikat secara longgar untuk atom oksigen dan molekul karbon dioksida. Ini adalah mekanisme transportasi zat-zat ini. (Karbon dioksida Banyak juga diangkut sebagai ion bikarbonat.) Hemoglobin juga mengikat karbon monoksida. Sayangnya, ikatan ini ireversibel, sehingga sering menyebabkan keracunan karbon monoksida. Sebuah sel darah merah beredar selama sekitar 120 hari dan kemudian dihancurkan di limpa, organ yang terletak dekat perut dan terutama terdiri dari jaringan kelenjar getah bening. Ketika sel darah merah hancur, komponen besi dipertahankan untuk digunakan kembali dalam hati. Sisa dari hemoglobin diubah menjadi bilirubin. Bilirubin adalah substansi kuning yang merupakan pigmen utama dalam empedu yang diproduksi di hati.

Setiap hari darah akan mengalami pergantian karena setiap hari ada darah yang rusak dan ada pelepasan sel darah baru. Semenjak lahir eritrosit dibentuk dalam sumsum tulang merah. Umur eritrosit diperkirakan 90-120 hari. Selama umur ini eritrosit mengadakan perjalanan 700 mil. Jika eritrosit sudah tua, maka akan dihancurkan oleh *sistem* retikuloendotelial. Retikuloendotelial adalah sel-sel yang sifatnya amoeboid dan fagositosis. Penghancuran eritrosit dilakukan dengan cara hemolisis dan fragmentasi. Hemoglobin yang terkandung dalam eritrosit kemudian dipecah menjadi globin dan heme. Heme ini kemudian terurai menjadi bilirubin dan Fe. Fe kemudian disimpan sebagai cadangan untuk proses hemopoisis dalam sumsum tulang, sedangkan bilirubin diproses lebih lanjut dan untuk seterusnya diekskresikan bersama-sama dalam urin dan feses.

Karena ketidakmampuan eritrosit (sel darah merah) untuk proses divisi sel untuk mengisi jumlahnya sendiri, sel-sel lama yang pecah harus diganti dengan benar-benar sel-sel baru. Sel darah merah akan mati karena tidak memiliki mesin intraseluler khusus seperti pada umumnya, yang mengontrol pertumbuhan sel dan perbaikan, yang mengarah ke jangka hidup yang pendek sekitar 120 hari.

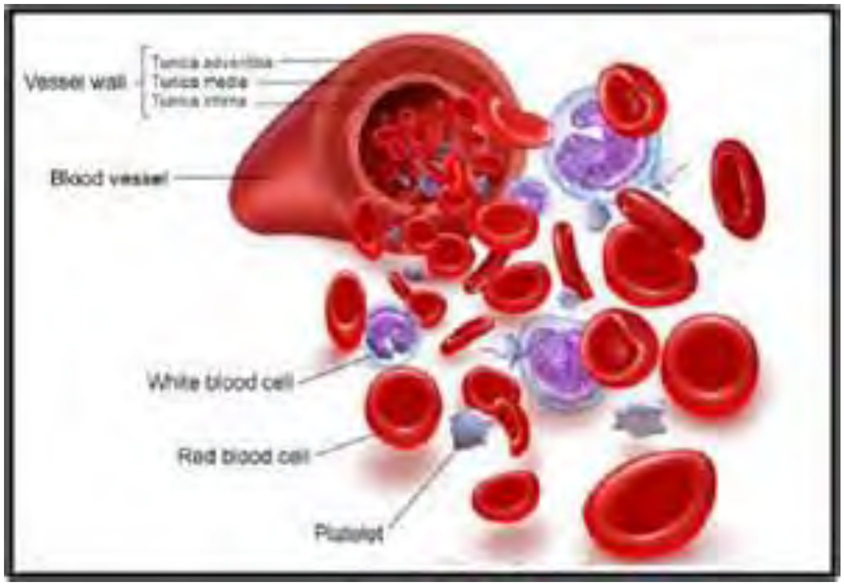


Gambar 33. Proses Diferensiasi Sel Darah



Gambar 34. Pembentukan Sel Darah Merah

Jangka hidup yang pendek ini mengharuskan proses eritropoiesis, yaitu pembentukan sel darah merah. Semua sel darah terbentuk di sumsum tulang. Sumsum tulang adalah pabrik eritrosit, yang lunak, jaringan cellar tinggi yang mengisi rongga internal tulang. Selama perkembangan intrauterine, tahap awal kehidupan, eritrosit diproduksi pertama oleh kantong kuning telur dan kemudian oleh limpa berkembang selama bulan ketiga kehamilan, sampai sumsum tulang terbentuk pada bulan ketujuh dan mengambil alih produksi eritrosit eksklusif.



Gambar 35. Sel Darah Merah

Diferensiasi eritrosit berlangsung dalam 8 tahap. Ini adalah jalur di mana eritrosit matang dari hemocytoblast menjadi eritrosit penuh. Tujuh pertama semua berlangsung dalam sumsum tulang. Setelah tahap 7 sel kemudian dilepaskan ke dalam aliran darah sebagai retikulosit, di mana ia kemudian matang 1-2 hari kemudian menjadi eritrosit.

Delapan tahapan itu adalah sebagai berikut:

a). Hemocytoblast, yang merupakan stem sel hematopoietik pluripoten
b). Myeloid progenitor umum, stem sel multipoten
c). Stem sel unipotent
d). Pronormoblast
e). Normoblast basofilik juga disebut eritroblast.
f). normoblast Polychromatophilic
g). Orthochromatic normoblast
h). Retikulosit

2) Leukosit

Dalam hewan dan manusia tidak hanya terdapat sel darah merah saja tetapi terdapat pula juga sel darah putih atau dikenal dengan leukosit. Fungsi leukosit atau sel darah putih ini adalah untuk melindungi tubuh terhadap kuman-kuman penyakit yang menyerang tubuh kita dengan cara memakan kuman-kuman penyakit tersebut (fagosit). Lekosit memiliki ciri-ciri yaitu : tidak berwarna (bening), bentuknya tidak tetap, berinti, serta ukurannya pun lebih besar dari pada sel darah merah.

Sel darah putih yang disebut sebagai leukosit. Sel darah putih umumnya lebih besar dari sel-sel darah merah dan memiliki inti jelas. Sel darah putih diproduksi di sumsum tulang dan memiliki berbagai fungsi dalam tubuh. Sel darah putih tertentu yang disebut komponen penting limfosit merupakan dari sistem kekebalan tubuh. Sel-sel lain yang disebut neutrofil andmonocytes berfungsi terutama sebagai fagosit, yaitu menyerang dan menelan mikroorganisme. Sekitar 30 persen dari sel-sel darah putih limfosit, sekitar 60 persen adalah neutrofil, dan sekitar 8 persen adalah monosit. Sel-sel darah putih yang tersisa eosinofil dan basofil.

Berdasarkan bentuknya, sel darah putih atau leukosit terbagi menjadi 5 yaitu sebagai berikut:

a). Neutrofil mempunyai fungsi yaitu sebagai fagositosis serta memiliki bintik kebiruan.
b). Eosinofil mempunyai bintik berwarna merah.
c). Basofil mempunyai granula berwarna biru.
d). Monosit memilki inti sel yang besar serta berbentuk bulat atau bulat panjang.
e). Limfosit memiliki inti dengan bentuk hampir bundar.

Sel darah putih atau leukosit adalah salah satu sel yang membentuk komponen darah. Sel darah putih ini berfungsi untuk membantu tubuh

melawan berbagai penyakit infeksi sebagai bagian dari sistem kekebalan tubuh. Sel darah putih tidak berwarna, memiliki inti, dapat bergerak secara amoebeid, dan dapat menembus dinding kapiler /diapedesis . Dalam keadaan normalnya terkandung $4x10^9$ hingga $11x10^9$ sel darah putih di dalam seliter darah yang sehat - sekitar 7000-25000 sel per tetes.Dalam setiap milimeter kubik darah terdapat 6000 sampai 10000 (rata-rata 8000) sel darah putih .Dalam kasus leukemia, jumlahnya dapat meningkat hingga 50000 sel per tetes.

Di dalam tubuh, leukosit tidak berasosiasi secara ketat dengan organ atau jaringan tertentu, mereka bekerja secara independen seperti organisme sel tunggal. Leukosit mampu bergerak secara bebas dan berinteraksi dan menangkap serpihan seluler, partikel asing, atau mikroorganisme penyusup. Selain itu, leukosit tidak bisa membelah diri atau bereproduksi dengan cara mereka sendiri, melainkan mereka adalah produk dari sel hematopoietic pluripotent yang ada pada sumsum tulang. Leukosit turunan meliputi : sel NK, sel biang, eosinofil, basofil, dan fagosit termasuk makrofaga, neutrofil, dan sel dendritik.

Fungsi fagosit dan imunosit adalah melindungi tubuh terhadap infeksi terkait erat dengan dua sistem protein terlarut dalam tubuh, yaitu imunoglobulin dan komplemen. Protein-protein tersebut yang juga dapat terlibat dalam penghancuran sel darah pada sejumlah penyakit.

Leukosit bertanggung jawab terhadap sistem imun tubuh dan bertugas untuk memusnahkan benda-benda yang dianggap asing dan berbahaya oleh tubuh, misal virus atau bakteri. Leukosit bersifat amuboid atau tidak memiliki bentuk yang tetap. Kondisi kelebihan leukosit biasanya diakibatkan menderita penyakit leukimia, sedangkan kekurangan leukosit akibat menderita penyakit leukopenia.

Komposisi Leukosit :

a). Neutrofil

Neutrofil (neutrophil, polymorphonuclear neutrophilic leukocyte, PMN) adalah bagian sel darah putih dari kelompok granulosit. Bersama dengan dua sel granulosit lain: eosinofil dan basofil yang mempunyai granula pada sitoplasma, disebut juga polymorphonuclear karena bentuk inti sel mereka yang aneh. Granula neutrofil berwarna merah kebiruan dengan 3 inti sel.

Neutrofil berhubungan dengan pertahanan tubuh terhadap infeksi bakteri dan proses peradangan kecil lainnya, serta menjadi sel yang pertama hadir ketika terjadi infeksi di suatu tempat. Dengan sifat fagositik yang mirip dengan makrofaga, neutrofil menyerang patogen dengan serangan respiratori menggunakan berbagai macam substansi beracun yang mengandung bahan pengoksidasi kuat, termasuk hidrogen peroksida, oksigen radikal bebas, dan hipoklorit.

Rasio sel darah putih dari neutrofil umumnya mencapai 50-60%. Sumsum tulang secara normal memproduksi setidaknya 100 miliar neutrofil sehari, dan meningkat menjadi sepuluh kali lipatnya juga terjadi inflamasi akut.

Setelah lepas dari sumsum tulang, neutrofil akan mengalami 6 tahap morfologis: mielocit, metamielocit, neutrofil non segmen (band), neutrofil segmen.Neutrofil segmen merupakan sel aktif dengan kapasitas penuh, yang mengandung granula sitoplasmik (primer atau azurofil, sekunder, atau spesifik) dan inti sel berongga yang kaya kromatin. Sel neutrofil yang rusak terlihat sebagai nanah.

Sel ini mempunyai inti padat khas yang terdiri dari 5 lobus,dan sitoplasma yang pucat dengan garis batas tidak beraturan mengandung banyak granula merah muda-biru (azurofilik). Neutrofil berfungsi melawan infeksi bakteri, dan dilaporkan sebagai persentase leukosit. Biasa jumlahnya 55-70%. Jika

neutrofil kita rendah (disebut neutropenia), kita lebih mudah terkena infeksi bakteri.

b). Eosinofil

Eosinofil (eosinophil, acidophil) adalah sel darah putih dari kategori granulosit yang berperan dalam sistem kekebalan dengan melawan parasit multiselular dan beberapa infeksi pada makhluk vertebrata. Bersama-sama dengan sel biang, eosinofil juga ikut mengendalikan mekanisme alergi.

Eosinofil terbentuk pada proses haematopoiesis yang terjadi pada sumsum tulang sebelum bermigrasi ke dalam sirkulasi darah. Eosinofil mengandung sejumlah zat kimiawi antara lain histamin, eosinofil peroksidase, ribonuklease, deoksiribonuklease, lipase, [plasminogen] dan beberapa asam amino yang dirilis melalui proses degranulasi setelah eosinofil teraktivasi. Zat-zat ini bersifat toksin terhadap parasit dan jaringan tubuh. Eosinofil merupakan sel substrat peradangan dalam reaksi alergi. Aktivasi dan pelepasan racun oleh eosinofil diatur dengan ketat untuk mencegah penghancuran jaringan yang tidak diperlukan.

Eosinofil mirip dengan netrofil, kecuali granula sitoplasmanya lebih keras, lebih berwarna merah tua. Waktu transit eosinofil dalam darah lebih lama daripada netrofil. Berperan khusus dalam respons alergi, pertahanan terhadap parasit, dan pembuangan fibrin yang terbentuk selama inflamasi.

Sel ini terlibat dengan alergi dan tanggapan terhadap parasit. Kadang kala penyakit HIV dapat menyebabkan jumlah eosinofil yang tinggi. Jumlah yang tinggi, terutama jika diare atau perut kembung, mungkin menandai keberadaan parasit.

Individu normal mempunyai rasio eosinofil sekitar 1 hingga 6% terhadap sel darah putih dengan ukuran sekitar 12 – 17 mikrometer. Eosinofil dapat ditemukan pada medulla oblongata dan sambungan antara korteks otak besar dan timus, dan di dalam saluran pencernaan, ovarium, uterus, limpa

dan lymph nodes. Tetapi tidak dijumpai di paru, kulit, esofagus dan organ dalam lainnya, pada kondisi normal, keberadaan eosinofil pada area ini sering merupakan pertanda adanya suatu penyakit. Eosinofil dapat bertahan dalam sirkulasi darah selama 8-12 jam, dan bertahan lebih lama sekitar 8-12 hari di dalam jaringan apabila tidak terdapat stimulasi

c). Basofil

Basofil adalah granulosit dengan populasi paling minim, yaitu sekitar 0,01 – 0,3% dari sirkulasi sel darah putih. Basofil mengandung banyak granula sitoplasmik dengan dua lobus. Seperti granulosit lain, basofil dapat tertarik keluar menuju jaringan tubuh dalam kondisi tertentu. Saat teraktivasi, basofil mengeluarkan antara lain histamin, heparin, kondroitin, elastase dan lisofosfolipase, leukotriena dan beberapa macam sitokina. Basofil memainkan peran dalam reaksi alergi (seperti asma).Sel ini jarang ditemukan dalam darah tepi normal.

Sel ini mempunyai banyak granula sitoplasma yang gelap,menutupi inti, serta mengandung heparin dan histamin. Di dalam jaringan, basofil berubah menjadi sel mast. Basofil mempunyai tempat perlekatan imunoglobulin E (IgE) dan deganulasinya disertai dengan pelepasan histamin.

Fungsi basofil (%BASO) tidak begitu dipahami, namun sel ini terlibat dalam reaksi alergi jangka panjang, misalnya asma atau alergi kulit. Sel ini jumlahnya kurang dari 1% leukosit

Selain Eosinofil Basofi dan netrofil yang merupakan leukosit yang bergranula, ada juga leukosit yang tidak bergranula yaitu monosit dan limfosit.



Gambar 36. Sel Darah Putih

d). Monosit

Agranulosit yang berasal dari sumsum tulang ini bergaris tengah antara 12 sampai 20 um. Intinya lonjong, berbentuk tapal kuda, atau berbentuk ginjal dan umumnya terletak eksentris. Kromatinnya kurang padat dan tersusun lebih fibrilar daripada dalam limfosit (yang merupakan ciri paling tetap pada

monosit). Karena penyebaran kromatin yang baik ini, inti monosit berwarna lebih pucat daripada inti limfosit besar.

Monosit dijumpai dalam darah, sebagai prekursor sistem fagosit mononukleus yang baru dibentuk. Setelah menerobos dinding kapiler dan masuk dalam jaringan ikat, maka monosit berkembang menjadi makrofag. Waktu paruh monosit dalam darah ialah 12-100 jam, dan tidak terdapat bukti nyata adanya resirkulasi setelah monosit memasuki jaringan ikat. Dalam jaringan ini monosit berinteraksi dengan limfosit dan berperan penting dalam pengenalan dan interaksi dari sel imunokompeten dan antigen.

Makrofage (bahasa Yunani: “pemakan besar”, dari makros “besar” + phagein “makan”) adalah sel pada jaringan yang berasal dari sel darah putih yang disebut monosit. Monosit dan makrofage adalah pagosit, berfungsi baik pertahanan tidak spesifik dan juga pertahanan spesifik binatang vertebrata. Peran mereka adalah untuk mempagositosis selular dan pathogen baik sebagai sel tak berubah atau bergerak, dan untuk menstimulasikan limfosit dan sel imun lainnya untuk merespon pathogen. Monosit biasanya berukuran lebih besar dari leukosit darah tepi lainnya dan mempunyai inti sentral berbentuk lonjang dengan kromatin yang menggumpal.Granula sitoplasma juga sering dijumpai.

e). Limfosit

Limfosit terdiri atas satu keluarga sel-sel berbentuk sferis dengan karakteristik morfologi yang sama. Limfosit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan molekul-molekul permukaan yang berbeda (penanda) yang dapat dikenali dengan cara imunositokimia. Limfosit juga memiliki peranan fungsional yang berbeda, yang semuanya berhubungan dengan reaksi imunitas dalam bertahan terhadap serangan mikroorganisme, makromolekul asing dan sel-sel kanker.

Limfosit dengan garis tengah 6-8 um dikenal sebagai limfosit kecil. Di dalam peredaran darah terdapat sedikit limfosit sedang dan limfosit besar dengan garis tengan sampai 18 um. Perbedaan ini mempunyai arti fungsional karena limfosit yang lebih besar diduga adalah sel yang telah diaktifkan oleh antigen spesifik. Sel ini akan berkembang menjadi limfosit T atau B efektif.

Limfosit kecil, yang mendominasi dalam darah memiliki inti sferis, kadang-kadang berlekuk. Kromatinnya padat dan tampak sebagai gumpalan kasar, sehingga inti ini terlihat gelap pada sajian biasa, suatu ciri yang memudahkan pengenalan limfosit. Pada sediaan apus darah, anak inti limfosit tidak terlihat, namun dapat diperlihatkan dengan teknik pewarnaan khusus dan dengan mikroskop elektron.

Sitoplasma limfosit kecil sangat sedikit, dan pada sediaan apus darah tampak sebagai tepian tipis di sekitar inti. Limfosit kecil sedikit basofilik, berwarna biru muda pada sediaan berwarna. Limfosit kecil mungkin mengandung granulo azurofilik. Sitoplasma limfosit kecil memiliki beberapa mitokondria dan sebuah kompleks golgi kecil yang berhubungan dengan sepasang sentriol; sitoplasma mengandung banyak poliribosom bebas.

Jangka hidup limfosit bervariasi, ada yang hanya hidup beberapa hari sedangkan yang lain tahan hidup dalam sirkulasi darah bertahun-tahun.

Pembagian fungamental limfosit dalam 2 golongan dapat dilakukan berdasarkan tempat diferensiasi limfosit dan adanya protein membran integral tersendiri. Sel prekursor muncul dalam sumsum tulang pada akhir kehidupan fetal, dan proliferasi lambat sel-sel ini berlanjut selama kehidupan pasca lahir. Diferensiasi menjadi sel imunokompeten terjadi dalam sumsum tulang dan dalam timus

- **Sistem limfatik.**

Sistem limfatik merupakan perpanjangan dari sistem peredaran darah terdiri dari cairan yang dikenal sebagai getah bening, sedangkan kapiler

disebut pembuluh limfatik, dan struktur yang disebut kelenjar getah bening. Getah adalah cairan berair yang berasal dari plasma yang telah merembes keluar dari sistem kapiler darah dan bercampur dengan sel. Daripada kembali ke jantung melalui pembuluh darah darah, getah bening ini memasuki serangkaian pembuluh limfatik satu arah yang mengembalikan cairan ke sistem peredaran darah. Sepanjang jalan, saluran melewati ratusan kecil, tubuh seperti kapsul yang disebut kelenjar getah bening. Terletak di leher, ketiak, dan selangkangan, kelenjar getah bening mengandung sel-sel yang menyaring getah bening dan partikel asing fagosit.

Limpa terdiri terutama dari jaringan kelenjar getah bening. Tergeletak dekat dengan perut, limpa juga merupakan situs di mana sel-sel darah merah yang hancur. Limpa berfungsi sebagai cadangan suplai darah bagi tubuh.
Kelenjar getah bening juga merupakan situs utama dari sel darah putih yang disebut limfosit. Tubuh memiliki dua jenis limfosit: limfosit B dan T-limfosit. Kedua sel ini dapat dirangsang oleh mikroorganisme atau bahan asing lainnya yang disebut antigen dalam darah. Antigen dijemput oleh fagosit dan getah bening dan dikirim ke kelenjar getah bening. Di sini, limfosit dirangsang melalui proses yang disebut respon immune.

Antigen tertentu, terutama mereka dari jamur dan protozoa, merangsang T-limfosit. Setelah stimulasi, limfosit ini meninggalkan kelenjar getah bening, memasuki sirkulasi, dan menuju ke situs di mana antigen mikroorganisme yang terdeteksi. T-limfosit berinteraksi dengan sel mikroorganisme ke sel dan menghancurkan mereka. Proses ini disebut imunitas diperantarai sel. B-limfosit dirangsang terutama oleh bakteri, virus, dan bahan terlarut. Pada stimulasi, B-limfosit kembali ke sel yang memproduksi antibodi besar yang disebut sel plasma. Plasma protein sel-sel disintesis disebut antibodi, yang dilepaskan ke dalam sirkulasi. Antibodi mengalir ke situs antigen dan menghancurkan mikroorganisme

dengan reaksi kimia dengan mereka dengan cara yang sangat spesifik. Reaksi mendorong proses fagositosis, menetralkan racun mikroba, menghilangkan kemampuan mikroorganisme untuk bergerak, dan menyebabkan mereka terikat bersama-sama dalam massa yang besar. Proses ini disebut imunitas antibodi-dimediasi. Setelah mikroorganisme telah dihapus, antibodi tetap dalam aliran darah dan memberikan perlindungan seumur hidup untuk tubuh. Dengan demikian, tubuh menjadi kebal terhadap mikroorganisme penyakit tertentu.

- **Zat warna (pigmen) darah**

Tiap jenis pigmen darah mempunyai atom logam tertentu. Hemoglobin, klorokruorin, dan hemeritrin logamnya ialah Fe sedangkan hemosianin mempunyai logam Cu. Tiap atom logam, mengikat atom oksigen. Daya mengikat logam terhadap atom oksigen adalah hemoglobin 1:1, klorokruorin 1:1, hemosianin 2:1 dan hemiritrin 3:1. Pigmen darah yang lain adalah eritrokruorin yang mengandung logam Fe terdapat pada hewan invertebrata antara lain larva insekta. Pigmen hemokuprein mengandung logam Cu, terdapat pada eritrosit beberapa jenis hewan seperti biri-biri, kuda dan sapi.

- **Hemoglobin**

Hemoglobin selain terdapat dalam darah , juga terdapat pada otot rangka dan otot jantung yang disebut mioglobin. Mioglobin yang terdapat pada otot manusia dapat mengikat oksigen sebanyak 14% dari seluruh oksigen pada darah. Oksigen tersebut diambil dari darah selama darah mengalir melalui otot. Ada beberapa variasi dari molekul hemoglobin (derivat hemoglobin) diantaranya :

- Okshihemoglobin, merupakan hasil penggabungan antara hemoglobin dengan oksigen. Pada umumnya ditulis dengan rumus HBO2 atau (globin)(por:Fe++)O2.

- Hemoglobin tereduksi, disebut juga ferohemoglobin merupakan molekul yang telah melepaskan O2. Ditulis dengan simbol Hb atau (globin)(por: Fe++).
- Methemoglobin disebut juga ferihemoglobin, senyawa ini didapat dari oksidasi oksihemoglobin atau hemoglobin tereduksi dengan menggunakan Fe(CN)3. Ditulis dengan simbol Met. Hb atau (globin)(Por : Fe++). Methemoglobin umumnya kehilangan kemampuan mengikat oksigen. Darah yang normal mengandung lebih kurang 0,1% methemoglobin yang dihasilkan karena adanya proses oksidasi oleh oksidator yang terdapat dalam darah. Keracunan yang disebabkan oleh obat seperti nitrit, klorat, sulfanilamid dapat meningkatkan persentase methemoglobin dalam darah.
- Karbomonoksihemoglobin, terbentuk bila darah bercampur dengan CO sehingga mengakibatkan Hb akan berkombinasi dengan CO membentuk HbCO. Jika menderita keracunan CO, penderita tersebut disuruh menghirup oksigen murni .
- Sianmethemoglobin, dapat terbentuk bila CN tercampur dengan methemoglobin. CN ini umumnya tidak dapat berkombinasi dengan oksihemoglobin atau hemoglobin atau hemoglobin tereduksi. Sianmethemoglobin dapat ditulis dengan simbol Met.Hb.CN atau (globin)(Por:Fe +++)CN.
- Sulfhemoglobin, terbentuk bila ferromoglobin dicampur dengan H2S. Senyawa ini berwarna hijau dan terbentuk bila hemoglobin mengalami putrefaksi. Didalam usus terjadi putrefaksi yang dalam keadaaan normal menghasilkan sedikit senyawa H2S, kemudian H2S dapat diserap melalui usus. Ada beberapa obat yaitu asetanilide dan fenasetin yang dapat menyebabkan Hb lebih mudah berkombinasi dengan H2S, Walaupun H2S yang diserap usus sedikit, tapi dengan adanya obat-obat tersebut menyebabkan kadar sufhemoglobin tinggi dalam darah dan cairan jaringan yang mengakibatkan kulit berwarna

kebiru-biruan. Jika terjadi suatu keadaan dimana sulfhemoglobin sampai kadar 3 gram- 5 gram dalam darah, maka disebut dengan istilah sianosis enterogen.

- Kathemoglobin, merupakan kombinasi antara senyawa heme yang mengandung Fe++ dengan globin yang mengalami denaturasi

3) Trombosit

Trombosit adalah fragmen darah berbentuk cakram kecil yang diproduksi dalam sumsum tulang. Trombosit tidak memiliki inti dan jauh lebih kecil dari eritrosit. Juga dikenal secara teknis asthrombocytes, berfungsi sebagai bahan awal untuk pembekuan darah. Trombosit mengikuti kerusakan dinding pembuluh darah, dan tromboplastin dibebaskan dari jaringan yang terluka. Tromboplastin, pada gilirannya, mengaktifkan faktor pembekuan lainnya dalam darah. Seiring dengan ion kalsium dan faktor lainnya, tromboplastin mengubah protein darah protrombin ke trombin. Trombin kemudian mengkatalisis konversi fibrinogen protein darah ke protein yang disebut fibrin, yang membentuk jala tambal sulam di lokasi cedera. Seperti sel-sel darah yang terjebak dalam jaring, sebuah bentuk bekuan darah.

- **Pembuluh Darah**

  Sistem peredaran darah terdiri atas jantung beserta salurannya yaitu: arteri atau pembuluh nadi dan kapiler serta vena atau pembuluh balik dan venula. Pada ternak sistem pembuluh darah terdiri atas empat jenis yaitu arteri, kapiler, venula dan vena.

  Untuk mengamati aliran darah baik pada arteri atau vena, marilah kita lakukan kegiatan sebagai berikut :

1. Menyiapkan Alat dan Bahan yang berupa Mikroskop, petridish, pinset, object glass, kecebong, batu es, kertas tissue

2. Ambil kecebong dari wadahnya lalu letakkan di atas batu es beberapa saat hingga pasif (jangan terlalu lama karena menyebabkan kematian).
3. Angkat kecebong tersebut lalu letakkan di atas kaca objek dan amati dengan mikroskop dengan memposisikan bagian pinggir ekornya yang bening sehingga terlihat jelas pada perbesaran minimum.
4. Perhatikan aliran darah pada pembuluh darahnya dan tentukan jenis pembuluh serta arah aliran darah dan catat hasil pada lembar pengamatan.
5. Buat sketsa arah aliran darah yang terlihat
6. Tentukan kategori kecepatan alirannya (cepat, sedang, lambat).

Pada ternak sistem pembuluh darah terdiri atas empat jenis yaitu :

a). Arteri

Arteri adalah pembuluh yang berfungsi mengangkut darah keluar dari jantung, Arteri strukturnya kuat dan lentur, membawa darah dari jantung dan menanggung tekanan darah yang paling tinggi. Kelenturannya membantu mempertahankan tekanan darah diantara denyut jantung. Serabut elastis pada dinding arteri sangat penting menahan tekanan darah yang dihasilkan oleh kontraksi jantung. Pelepasan darah dari jantung tidak terjadi secara kontinyu tetapi berselang-seling seirama dengan kontraksi jantung. Ketika jantung berkontraksi darah terdorong keluar dari jantung dan masuk ke pembuluh. Segera setelah darah masuk arteri besar dinding arteri akan meregang dan menyimpan sejumlah energy yang berasal dari peregangan serabut elastic. Pada saat jantung berelaksasi tidak ada darah yang masuk ke arteri besar sehingga pembuluh tadi kembali mengerut ke ukuran semula dan melepaskan sebagian energy yang tersimpan pada dindingnya. Energi tersebut mendorong darah dalam pembuluh arteri besar sehingga mengalir lebih jauh keseluruh system sirkulasi dalam

tubuh. Tekanan arteri ketika jantung berkontraksi disebut tekanan sistolik dan ketika relaksasi disebut diastolik.

Arteri yang lebih kecil adalah **arteriola** memiliki dinding berotot yang menyesuaikan diameternya untuk meningkatkan atau menurunkan aliran darah ke daerah tertentu, kontraksi otot ini tidak dikendalikan oleh pusat kesadaran. Arteriola ini merupakan pembuluh yang penting untuk mengendalikan aliran darah. Pengendalian aliran darah tersebut dilakukan dengan cara mengubah derajat kontraksi otot polos pada bagian tersebut sehingga besarnya tekanan dapat diatur sehingga aliran darah dapat juga diatur. Jadi sebetulnya pengendalian darah dan tekanan darah diatur oleh system syaraf. Hal lain yang mempengaruhi keadaan pembuluh darah adalah kadar asam laktat, Karbondioksida dan ion H+. Sebagai contoh pada otot yang aktif akan menghasilkan sisa metabolism seperti asam laktat, CO2 dan Ion H+ . Zat sisa tersebut akan berdifusi kedalam arteriola dan menyebabkan pelebaran pembuluh darah disekitar jaringan otot tersebut. Peristiwa ini akan meningkatkan aliran darah ke jaringan otot dan selanjutnya akan memaksimalkan pelepasan oksigen dan sari makanan ke sel otot.

b). Kapiler.

Kapiler adalah pembuluh darah terkecil dalam sistem sirkulasi, merupakan tempat pertukaran gas serta berbagai zat lainnya antara pembuluh darah dan sel jaringan. Kapiler merupakan pembuluh darah yang halus dan berdinding sangat tipis, yang berfungsi sebagai jembatan diantara arteri (membawa darah dari jantung) dan vena (membawa darah kembali ke jantung). Kapiler memungkinkan oksigen dan zat makanan berpindah dari darah ke dalam jaringan dan memungkinkan hasil metabolisme berpindah dari jaringan ke dalam darah

c). Vena

Sedangkan vena merupakan pembuluh darah yang berfungsi untuk membawa darah dari jaringan kembali ke jantung. Dari kapiler, darah mengalir ke dalam venula lalu ke dalam vena, yang akan membawa darah kembali ke jantung. Vena memiliki dinding yang tipis, tetapi biasanya diameternya lebih besar daripada arteri; sehingga vena mengangkut darah dalam volume yang sama tetapi dengan kecepatan yang lebih rendah dan tidak terlalu dibawah tekanan. Sebagian besar vena dilengkapi dengan banyak klep yang berguna untuk mencegah aliran darah kembali kearah jaringan dan menjamin kelancaran aliran darah menuju jantung. Aliran darah dalam pembuluh vena juga dibantu oleh kontraksi otot pada dinding pembuluh vena serta kontraksi otot lurik disekitar pembuluh vena tersebut.

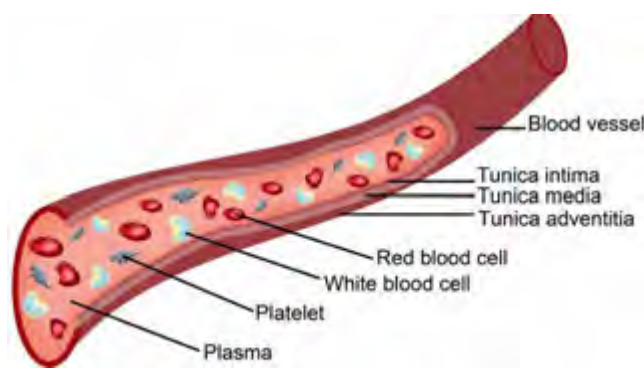
Salah satu fungsi sistem sirkulasi adalah mengantarkan zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Zat-zat baik makanan maupun oksigen dibawa oleh darah ke seluruh tubuh. Pertukaran zat-zat tersebut dengan hasil metabolisme dipengaruhi oleh perbedaan tekanan pada kapiler dan tekanan pada sel jaringan. Semakin jauh dari jantung tekanan darah dalam pembuluh semakin menurun. Dalam pembuluh kapiler darah mempunyai tekanan hidrostatik kira-kira 40 mmHg jauh dari tekanan jantung yang sebesar 120 mmHg. Tekanan dalam cairan ekstrasel sebesar 25 mmHg. Perbedaan tekanan yang timbul antara bagian dalam dan luar pembuluh kapiler menyebabkan terjadinya perpindahan sejumlah air dan partikel kecil terlarut dari dalam pembuluh kapiler ke cairan jaringan.

Ayam memiliki darah sekitar 8% dari bobot badannya (untuk anak ayam) dan 6% dari bobot badannya (untuk ayam dewasa). Setiap ml darah ayam mengandung 2,5 – 3,5 juta sel darah merah, tergantung umur dan jenis kelaminnya. Ayam jantan dewasa jumlah sel darah merahnya 500.000 lebih banyak dibanding dengan ayam betina.

Denyut jantung ayam terhitung cepat sekitar 300 denyut/menit. Semakin kecil ayam, semakin cepat pula denyut jantungnya. Denyut jantung juga sangat dipengaruhi oleh adanya rangsangan. Anak ayam yang dijatuhkan denyut jantungnya bisa mencapai 560 kali/menit.

Tekanan darah sistolik dan diastolik meningkat dengan bertambahnya umur unggas. Pada unggas dewasa sistolik berkisar antara 75 mmHg dan 175 mmHg, sementara diastoliknya 140 – 160 mmHg. Darah ayam mengandung 2,5 – 3,5 juta sel darah merah per mm^3 tergantung umur dan jenis kelaminnya.

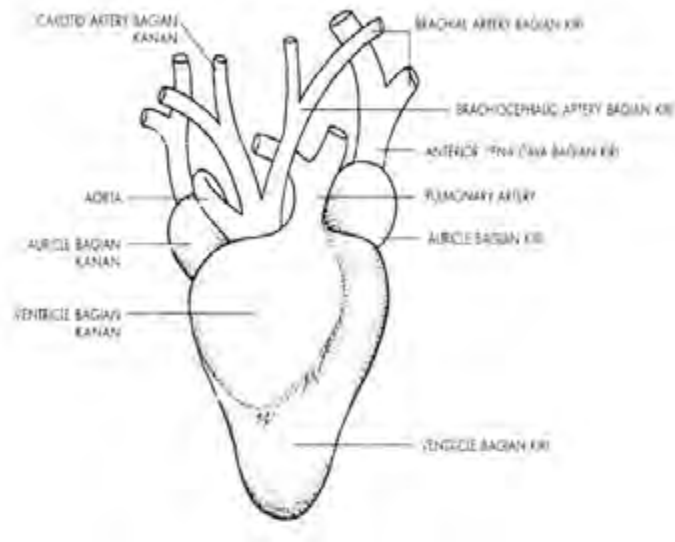
Pembuluh darah adalah bagian dari sistem peredaran darah, yang dilewati nutrisi, darah, hormon, dan zat penting lainnya ke dan dari sel-sel tubuh untuk mempertahankan homeostasis. Pembuluh darah bertanggung jawab untuk mengangkut darah ke seluruh tubuh. Ada tiga jenis utama dari pembuluh darah: arteri, vena, dan kapiler. Oksigen adalah nutrisi yang paling penting dibawa oleh darah. Arteri membawa darah beroksigen dari jantung ke seluruh struktur tubuh. Kapiler sangat kecil, pembuluh permeabel di mana pertukaran air dan bahan kimia antara darah dan jaringan tubuh berlangsung. Pembuluh darah membawa darah terdeoksigenasi dari belakang kapiler ke jantung.



Gambar 37. Pembuluh Darah

Arteri dan vena memiliki struktur yang sama. Mereka terdiri dari tiga lapisan: tunika intima, tunika media, dan tunika adventitia. Tunika intima pada lapisan terdalam, serta tertipis. Ini terdiri dari lapisan endotelium skuamosa sederhana berupa lapisan tunggal sel-sel pipih, dengan lapisan bawah jaringan ikat. Tunika media yang merupakan lapisan tengan adalah lapisan paling tebal dari pembuluh darah. Ini berisi serat elastis, jaringan ikat, dan dalam beberapa pembuluh, otot polos. Otot polos mengontrol ukuran pembuluh darah, misalnya, dapat membuat pembuluh tertentu yang lebih luas jika area spesifik membutuhkan peningkatan suplai darah. Pelebaran pembuluh darah dalam apa yang disebut vasodilatasi, sementara penyempitan pembuluh disebut vasokonstriksi. Kedua proses yang dikendalikan oleh sistem saraf otonom, dan tidak berada di bawah kendali kesadaran. Tunika adventitia adalah lapisan terluar dari pembuluh darah dan artieries. Ini terdiri dari jaringan ikat dengan serat elastic yang memungkinkan tersebut meregang dan memendek. Dalam pembuluh darah yang lebih besar, juga mengandung saraf dan pembuluh kapiler, disebut vaso vasorum. Kapiler yang lebih sederhana dalam struktur daripada arteri dan vena. Mereka biasanya terdiri dari lapisan epitel skuamosa sederhana, meskipun beberapa memiliki jaringan ikat juga. Kapiler harus sangat kecil untuk memungkinkan untuk pertukaran nutrisi antara darah dan jaringan tubuh.

Arteri kecil yang mengarah ke kapiler disebut arteriol, sedangkan pembuluh darah kecil yang mengarah dari kapiler disebut venula. Arteri terbesar, yang mengarah dari jantung, adalah aorta, sedangkan vena terbesar, yang membawa darah ke jantung, adalah vena cava. Di paru arteri dan vena paru, yang merupakan pembuluh darah yang menuju ke dan dari paru-paru, masing-masing, adalah satu-satunya arteri yang membawa darah terdeoksigenasi dan satu-satunya vena yang membawa darah beroksigen dalam tubuh.



Gambar 38. Jantung Unggas

Darah pada ternak terdiri atas dua komponen yaitu plasma darah dan sel-sel darah. Sehingga fungsi utama darah adalah sebagai berikut :

a. Mengangkut oksigen dan karbondioksida dari alat pernafasan ke jaringan seluruh tubuh.
b. Membawa Karbondioksida dari jaringan ke paru-paru
c. Mengangkut sari-sari makanan yang telah disiapkan oleh saluran makanan ke seluruh jaringan tubuh,
d. Mengangkat sisa-sisa metabolisme dari berbagai jaringan ke alat sekresi (ginjal).
e. Mengedarkan hormon dari kelenjar endokrin ke tempat-tempat yang membutuhkan.
f. Berperan penting dalam menyebarkan panas tubuh, pengendalian suhu dengan cara mengangkut panas dari struktur yang lebih dalam menuju ke permukaan tubuh.
g. Ikut berperan dalam mempertahankan keseimbangan air

h. Berperan dalam sistem buffer, seperti bikarbonat di dalam darah membantu mempertahankan pH yang konstan pada jaringan dan cairan tubuh.
i. Penggumpalan atau pembekuan darah mencegah terjadinya kehilangan darah yang berlebihan pada saat luka.
j. Mengandung faktor-faktor penting untuk pertahanan tubuh terhadap penyakit.

Fungsi utama sistem peredaran darah ini adalah mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh dan kembali lagi ke jantung. Sedangkan darah itu sendiri berfungsi untuk:

a. Membawa oksigen (O_2) dari paru-paru ke seluruh tubuh
b. Membawa karbondioksida (CO_2) dari seluruh tubuh ke paru-paru.
c. Membawa zat makanan ke seluruh tubuh
d. Membawa kembali sisa hasil metabolisme
e. Membawa hormon dari kelenjar endokrin ke seluruh tubuh
f. Membantu mengatur kadar air tubuh
g. Mengatur suhu tubuh

MENANYA :

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah Anda lakukan, dan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang system peredaran darah pada hewan ruminansia hewan non ruminansia buatlah minimal 3 pertanyaan dan lakukan diskusi kelompok tentang :

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi system peredaran darah pada hewan ruminansia hewan non ruminansia.
2. Aktivitas apa saja yang dapat mempengaruhi peredaran darah pada hewan ruminansia hewan non ruminansia

MENGUMPULKAN INFORMASI / MENCOBA :

1. Cari informasi dari berbagai sumber (internet, modul, buku–buku referensi, serta sumber–sumber lain yang relevan) tentang system peredaran darah baik pada ruminansia maupun non ruminansia !
2. Lakukan pengamatan aktivitas yang berkaitan dengan system peredaran darah baik pada ruminansia maupun non ruminansia dengan menggunakan lembar kerja sebagai berikut :

Lembar Kerja 1 : Identifikasi bagian-bagian Jantung

Tujuan : Mengidentifikasi bagian-bagian jantung.

Prosedur kerja :

1. Menyiapkan bahan dan alat untuk kegiatan pengamatan jantung yaitu :
   a. Ikan
   b. Jantung Ayam
   c. Jantung Ruminansia
   d. Skalpel
2. Membuat kelompok yang terdiri atas 5 orang setiap kelompok
3. Anda ditugaskan untuk melakukan pengamatan struktur jantung ikan dengan cara
   a. Ambil ikan , belah bagian ventral dan keluarkan jantungnya.
   b. Bersihkan jantung dari darah dan lakukan penyayatan secara vertikal
   c. Amati bentuk dan struktur jantung ikan tersebut
4. Amati jantung ayam yang telah disediakan. Lakukan penyayatan secara vertikal dan amati struktur jantung ayam tersebut.
5. Lakukan hal sama seperti kegiatan 4 tetapi dengan menggunakan jantung kambing/domba.
6. Bandingkan hasil pengamatan terhadap ketiga hasil pengamatan tersebut
7. Adakah perbedaan antara ketiga bahan tersebut?
8. Diskusikan dalam kelompok.
9. Presentasikan hasil diskusi kelompok
10. Buat kesimpulan terhadap hasil pengamatan anda!

Lembar Hasil Pengamatan Sistem Peredaran Darah

Nama :...
Nama Sekolah :...
Kelas :..

a. Jantung Ikan :

No	Uraian	Kondisi	Keterangan
1	Bentuk Jantung		
2	Jumlah Atrium		
3	Jumlah Ventrikel		
4	Jumlah Katup Jantung		

b. Jantung Ayam :

No	Uraian	Kondisi	Keterangan
1	Bentuk Jantung		
2	Jumlah Atrium		
3	Jumlah Ventrikel		
4	Jumlah Katup Jantung		

c. Jantung Kambing

No	Uraian	Kondisi	Keterangan
1	Bentuk Jantung		
2	Jumlah Atrium		
3	Jumlah Ventrikel		
4	Jumlah Katup Jantung		

d. Perbedaan

No	Uraian	Ikan	Ayam	Domba
1				
2				
3				
4				

e. Kesimpulan :

....

....

....

....

....

....

Lembar Kerja 2 : Urutan Denyut Jantung

Tujuan : Mengidentifikasi mekanisme urutan denyut jantung

Prosedur :

1. Menyiapkan alat dan bahan yaitu :
   a. Ikan
   b. Katak
   c. Jantung Ayam
   d. skalpel
   e. Larutan Ringer
2. Siswa membagi diri dalam kelompok
3. Anda ditugaskan untuk melakukan pengamatan mekanisme jantung ikan, ayam dan jantung ruminansia dengan cara :
   a. Buka Ikan dan katak untuk mengambil jantung dengan cepat sehingga terlihat bahwa jantung masih berdenyut.
   b. Tempatkan jantung katak dan jantung ikan yang masih berdenyut dalam larutan ringer.
4. Lakukan pengamatan urutan denyutan jantung tersebut.
5. Lakukan pengamatan jangka waktu jantung berhenti berdenyut.
6. Setiap kelompok membuat laporan pengamatan dengan lembar pengamatan terlampir
7. Setiap kelompok mempresentasikan hasil pengamatan
8. Kelompok yang lain menanggapi presentasi
9. Membuat generalisasi terhadap hasil pengamatan berupa kesimpulan dari seluruh pengamatan dan diskusi yang dilakukan.

Lembar Hasil Pengamatan :

Nama :..

Nama Sekolah :...

Kelas :...

a. Denyut Jantung Ikan :

1. Waktu /satu kali denyutan :..
2. Urutan denyutan :...

   ....

   ....

b. Denyut jantung Katak

1. Waktu /satu kali denyutan :...
2. Urutan denyutan :...

   ....

   ....

c. Denyut Jantung Ayam

1. Waktu /satu kali denyutan :..
2. 2.Urutan denyutan :...

   ....

   ....

d. Kesimpulan :

....

....

Lembar Kerja 3 : Bentuk Sel Darah

Tujuan : Mengetahui bentuk sel darah merah

Prosedur :

1. Menyiapkan Alat dan Bahan : Alat bedah, jarum suntik, mikroskop, pipet tetes, objek glass, cover glass, botol sampel darah, EDTA 10%, NaCl 0.9%, beberapa spesies vertebrata (Cyprinus carpio, Rana sp., Maboya sp., Aves, Mus musculus).
2. Mengambil sampel darah dari hewan percobaan sesuai dengan objek yang digunakan, ambil sampel darah dengan menggunakan jarum suntik yang telah dibilas dengan EDTA 10% dan ditampung dalam botol sampel yang juga telah dibilas dengan EDTA.
3. Teteskan setetes darah pada kaca objek dan tetesi dengan 3 tetes NaCl 0.9%, tutup dengan cover glass
4. Amati strukturnya pada mikroskop hingga perbesaran optimal.
5. Perhatikan dan gambar struktur eritrosit yang terlihat.
6. Bandingkan dengan spesies-spesies vertebrata lainnya

Lembar Kerja 4: Komposisi Darah Merah

Tujuan : Mengidentifikasi komposisi darah

Prosedur :

1. Menyiapkan Alat dan Bahan : Tabung sampel darah, jarum suntik, alat bedah, kit hemositometer tipe Improved Neubauer, pipet tetes, mikroskop, tally counter, alat tulis, larutan turk, larutan hayem, EDTA 10%, darah hewan vertebrata yang telah ditentukan. Komposisi larutan Hayem untuk penghitungan eritrosit : Natriumsulfat (kirstal) 5 g; NaCl 1g; HgCl2 0.5 g; aquadest ad 200 ml. Komposisi larutan Turk untuk penghitungan leukosit : gentian violet 1% dalam air 1 ml; asam asetat glasial 1 ml; aquadest ad 100 ml.
2. Melakukan Penghitungan jumlah eritrosit dengan langkah :
   a. Lakukan pengambilan sampel darah dengan menggunakan jarum suntik yang telah dibilas dengan EDTA 10% dan masukkan ke dalam tabung sampel darah yang juga telah dibilas dengan EDTA.
   b. Selanjutnya sediakan pipet thoma dari kit hemositometer, isap sampel darah dengan menggunakan pipet tersebut hingga skala 0.5, dengan menggunakan pipet yang sama, hisaplah larutan hayem secara hati-hati hingga larutan dalam pipet mencapai skala 101. Hindari adanya gelembung udara. Pegang pipet secara horizontal lalu aduk pelan-pelan dengan menggoyangkan pipet beberapa kali hingga larutan menjadi homogen.
   c. Sediakan hemositometer yang bersih, tutup dengan kaca penutupnya secara benar hingga saling berlekatan satu sama lain. Kemudian pipetkan sampel dalam pipet thoma dengan menggunakan kontrol ujung jari pada bagian pangkal pipet dan biarkan larutan mengalir memenuhi ruang dalam hemositometer. Hindari volume yang berlebihan.
   d. Biarkan sampel tersebut selama 2-3 menit lalu letakkan di mikroskop dan hitung jumlah eritrosit yang terlihat pada 5 kotak menengah hemositometer

e. Catat dengan menggunakan tally counter.

   Jumlah eritrosit yang sebenarnya dihitung dengan rumus :

   Sel Darah Merah = Ne x P 0,02

   SDM : jumlah eritrosit per mm3

   Ne : jumlah eritrosit yang terhitung

   P : Angka pengenceran (200 kali)

   (0,02 : Volume total darah dalam lima kotak yang dihitung)

f. Sajikan data dalam bentuk grafik perbandingan antar spesies.

3. Melakukan Penghitungan Jumlah Leukosit :
   a. Melakukan Pengambilan sampel darah sama dengan prosedur pada penghitungan eritrosit. Lalu dengan menggunakan pipet thoma untuk leukosit, hisaplah sampel darah hingga skala 0.5 lalu bersihkan bagian luar pipet dengan tissue atau kapas. Lanjutkan dengan menghisap larutan turk hingga skala 11. Pegang pipet secara horizontal lalu goyangkan pelan-pelan hingga larutan homogen.
   b. Sediakan hemositometer yang bersih dan tutup dengan kaca penutupnya hingga saling berlekatan. Kemudian dengan pelan-pelan, alirkan sampel dari pipet ke ruang dalam hemositometer hingga memenuhi seluruh ruangan (hindari kelebihan volume).
   c. Biarkan 2-3 menit lalu letakkan di mikroskop dan hitung jumlah leukosit yang terlihat pada 4 kotak besar pada hemositometer

Jumlah leukosit yang sebenarnya dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

Sel Darah Putih : Nl x P 0,4

SDP : Jumlah leukosit per mm3

Ni : Jumlah leukosit yang terhitung

P : Angka pengenceran (20 kali)

(0,4 : Volume total darah yang dihitung)

d. Sajikan data dalam bentuk grafik perbandingan antar spesies.

Lembar Kerja 4 : Pemeriksaaan Kimia Darah

Tujuan : Mengetahui kandungan zat kimia dalam darah

a. Alat dan Bahan

Bahan kimia yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Na Oksalat, asam asetat, reagen Millon, Benedict, perak nitrat, asam klorida dan aquades. Darah yang akan digunakan adalah darah segar lembu untuk di ambil plasma darahnya.

Alat yang digunakan adalah sentifus (alat pemusing) yang berfungsi untuk memisahkan sel darah dari plasmanya.

b. Cara Kerja

i) **Persiapan Pengambilan Darah (darah beroksalat)**

Larutkan 1 gram Na Oksalat dalam 20 cc NaCl 0,9% kemudian masukkan 500 cc darah lembu ke dalam campuran tersebut.

ii) **Pembuatan Plasma Oksalat**

- Masukkan 25 cc (sesuai dengan ukuran tabung sentrifus) darah ke dalam sentrifus, selanjutnya dilakukan pemusingan 2500 rpm selama satu jam. Setelah pemusingan pada dasar tabung terlihat sedikit endapan berwarna putih. Endapan ini akan dipakai untuk uji adanya Kalsium (Ca).
- Di atas endapan putih terlihat supernatan dan residu yang berupa sel-sel darah merah. Dengan menggunakan pipet tetes pisahkan supernatan (= plasma oksalat) dan masukkan ke dalam tabung reaksi.

iii) **Pembuatan filtrate**

- Ambil 10 cc plasma oksalat, masukkan ke dalam gelas piala, tambahkan 100 cc aquades kemudian panaskan sampai mendidih. Pada saat mendidih tambahkan 2-3 tetes asam asetat encer. Setelah dingin saringlah dengan menggunakan corong dan kertas saring. Koagulum yang tertinggal pada kertas saring akan digunakan untuk uji protein, sedangkan filtratnya untuk uji karbohidrat dan klorida (Cl).

iv) **Uji Protein, Glukosa, Klorida (Cl), dan Kalsium (Ca)**

- Uji protein

  Ambil koagulan dari kertas saring, tambahkan beberapa tetes aquades, kemudian tambahkan beberapa tetes (± 10 tetes) Millon. Amati perubahan warna yang terjadi.

- Uji Glukosa

  Masukkan 5 cc fitrat dalam tabung reaksi. Tambahkan beberapa tetes larutan Benedict, kemudian panaskan. Amati perubahan warna yang terjadi.

- Uji Klorida (Cl)

  Masukkan 5 cc filtrat ke dalam tabung reaksi. Tambahkan beberapa tetes perak nitrat. Amati perubahan warna yang terjadi.

- Uji Kalsium (Ca)

  Untuk uji kalsium digunakan endapan putih yang diperoleh dari kegiatan 2. Tuangkan residu berwarna merah, sampai habis. Teteskan 1-2 tetes HCl pada endapan. Untuk mengendapkan kembali, tambahkan larutan Na Oksalat.

2. Lakukan kegiatan dibawah ini untuk mengetahui kecepatan terjadinya hemolisis .

a. Alat dan Bahan

Mikroskop cahaya, kaca benda, kaca penutup, mikropipet, pipet tetes, papan dan alat seksi, gelas piala, larutan garam fisiologis untuk katak (0,7% NaCl), aquadest, berbagai larutan garam dapur dengan konsentrasi 3%, 2%, 1%, 0%, 0,9%, 0,7%, 0,5%, 0,3%, 0,1%, antikoagulan (heparin atau campuran kalium oksalat dengan amonium oksalat) dan katak hijau.

b. Cara Kerja

i) Untuk mengetahui kecepatan hemolisis

a. Katak disingle pith, kemudian dibedah sehingga nampak jantung dan pembuluh darah besar.

b. Tusuk salah satu pembuluh darah besar sehingga darahnya keluar.

c. Siapkan kaca benda, teteskan larutan 0,7% NaCl pada kaca benda kemudian kepada tetesan NaCl tersebut larutkan sedikit darah katak. Amati di bawah mikroskop dengan hati-hati kapan telah nampak terjadi hemolisis, catat waktunya (dalam detik).

d. Lakukan seperti cara kerja nomor 3 untuk larutan 0,5% NaCl, 0,3% NaCl, 0,1% NaCl dan aquadest. Catat hasilnya dan buat kesimpulannya.

ii). Menghitung persentase hemolisis

a. Katak disingle pith, kemudian dibedah sehingga nampak jantung dan pembuluh darah besar.

b. Tusuk salah satu pembuluh darah besar sehingga darahnya keluar.

c. Tampung ± 2-5 ml sampel darah dalam suatu tabung reaksi yang telah diberi anti koagulan.

d. Siapkan 10 tabung reaksi dan masing-masing diisi dengan 0,1 ml sampel darah, beri nomor/label pada tabung reaksi.

e. Tambahkan kepada darah sampel pada tabung reaksi tersebut dengan larutan NaCl: **tabung 1** dengan 2 ml 0,7% NaCl, **tabung 2** dengan 2 ml 0,5% NaCl, **tabung 3** dengan 2 ml 0,3% NaCl, **tabung 4** dengan 2 ml 0,1% NaCl dan **tabung 5** dengan 2 ml aquadest.

f. Diamkan darah dalam tabung reaksi sekitar 10 menit, setelah itu pusingkan selama 5 menit dengan kecepatan 3.000 rpm .

g. Amati warna dan volume supernatan, serta endapan eritrosit. Supernatan yang berwarna bening (tanpa warna merah) dengan endapan eritrosit paling banyak berarti pada larutan NaCl tersebut tidak terjadi hemolisis sama sekali.

h. Apabila supernatan sudah ada yang berwarna merah, dan endapan eritrosit sudah berkurang, berarti pada larutan NaCl ini sudah mulai terjadi hemolisis, maka ini merupakan batas bawah toleransi osmotis membran eritrosit.

i. Apabila supernatan berwarna merah, tanpa endapan eritrosit sama sekali, berarti pada larutan NaCl ini terjadi hemolisis sempurna, maka ini merupakan batas atas toleransi osmotis membran eritrosit.

MENGKOMUNIKASIKAN :

Berdasarkan hasil pengamatan, pengumpulan informasi dan identifikasi serta asosiasi yang telah Anda lakukan :

1. Buatlah laporan tertulis secara individu!
2. Buatlah bahan presentasi dan presentasikan di depan kelas secara kelompok!

3. Refleksi

Setelah Anda mempelajari materi system peredaran darah pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia, harap jawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

a. Pertanyaan:

Hal-hal apa saja yang dapat Anda lakukan tekait dengan materi system peredaran darah pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

b. Pertanyaan:

Pengalaman baru apa yang Anda peroleh dari materi system peredaran darah pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

c. Pertanyaan:

Manfaat apa saja yang Anda peroleh dari materi system peredaran darah pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

d. Pertanyaan:

Aspek menarik apa saja yang Anda temukan dalam materi system peredaran darah pada hewan ruminansia dan hewan non ruminansia?

Jawaban:

4. Tugas

1. Buatlah kliping sistem peredaran darah hewan ruminansia dan non ruminansia!
2. Lakukan observasi (pengamatan) terhadap sistem peredaran darah hewan ruminansia dan non ruminansia dengan cara :

   a. Membaca uraian materi pada buku teks ini tentang sistem peredaran darah pada hewan ruminansia dan non ruminansia
   b. Mencari informasi di lokasi setempat yang berkaitan sistem peredaran darah pada hewan ruminansia dan non ruminansia
   c. Mengamati suatu proses yang berkaitan sistem peredaran darah pada hewan ruminansia dan non ruminansia

3. Buatlah minimal 3 pertanyaan terhadap hal-hal yang belum Anda pahami atau perlu penjelasan dari hasil observasi yang berkaitan sistem peredaran darah ruminansia dan non ruminansia

5. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dengan cara memberi tanda silang pada huruf didepan jawaban yang anda pilih.

1. Sistem peredaran darah pada mamalia termasuk peredaran darah
   a. Terbuka
   b. Tertutup
   c. Ganda
   d. Bukan salah satu diatas
2. Warna merah cerah pada darah manusia disebabkan oleh ….

   a. reaksi antara O2 dengan hemoglobin
   b. leukosit yang mengandung hemoglobin
   c. plasma yang mengandung hemoglobin
   d. eritrosit yang mengandung hemoglobin
   e. reaksi antara CO2 dan hemoglobin

3. Setelah mengalami proses pencernaan, sari makanan siap untuk diserap dan dibawa ke seluruh tubuh oleh darah. Bagian darah yang berperan dalam pengangkutan adalah ….
   a. Plasma
   b. Eritrosit
   c. Leukosit
   d. Trombosit
   e. limfosit
4. Komponen yang tidak termasuk plasma adalah ….
   a. Air
   b. Fibrinogen
   c. Trombosit
   d. Globulin
   e. albumin

5. Hal yang dapat memicu penghentian pendarahan darah adalah ….
   a. trombosit dan faktor-faktor lainnya pada plasma menyentuh permukaan yang kasar
   b. diproduksinya enzim trombin (trombokinase)
   c. diubahnya fibrinogen menjadi fibrin
   d. diubahnya fibrin menjadi fibrinogen
   e. aliran darah yang cepat melewati kapiler
6. Pernyataan yang benar tentang macam sel darah putih dengan peranannya adalah….
   a. eosinofil memakan antigen dan mengontrol respon kebal
   b. neutrofil mengenali antigen dan menghasilkan antibodi
   c. basofil menembus pembuluh darah dan mengontrol respon kebal
   d. monosit memproduksi antibodi dan menembus pembuluh darah
   e. limfosit mengontrol respon kebal dan menghasilkan antibodi

7. Komponen pada darah yang memiliki jumlah paling banyak adalah ….
   a. Eritrosit
   b. Leukosit
   c. plasma darah
   d. trombosit
   e. keping darah

8. Penyebab aliran darah mengalir adalah …
   a. kontraksi atrium kanan
   b. kontraksi ventrikel kanan
   c. kontraksi atrium kiri
   d. kontraksi ventrikel kiri
   e. kontraksi ventrikel kiri dan kanan secara bersamaan

9. Berikut yang bukan merupakan fungsi sistem sirkulasi pada vertebrata adalah ….
   a. transpor nutrisi, oksigen, dan karbon dioksida
   b. pengaturan suhu tubuh
   c. melindungi tubuh dengan cara mengedarkan antibodi
   d. mengeluarkan sisa-sisa metabolisme untuk dikeluarkan dari tubuh
   e. melindungi kehilangan darah dengan mekanisme pembekuan darah
10. Jantung katak terdiri atas ….
   a. tiga atrium
   b. dua ventrikel, satu atrium
   c. satu ventrikel, satu atrium
   d. satu ventrikel, dua atrium
   e. dua ventrikel, dua atrium

C. PENILAIAN

1. Penilaian Sikap

Anda diminta untuk melakukan penilaian diri. Penilaian ini dilakukan cara sebagai berikut :

1) Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2) berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

a. Sikap Spiritual

	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan				
3	Memberi salam sebelum dan sesudah menyampaikan pendapat/presentasi				
4	Mengungkapakan kekaguman secara lisan maupun tulisan terhadap Tuhan saat melihat kebesaran Tuhan				
5	Merasakan keberadaan dan kebesaran Tuhan saat mempelajari ilmu pengetahuan				
Jumlah Skor					

b. Sikap Jujur

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas				
3	Mengungkapkan perasaan terhadap sesuatu apa adanya				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya				
5	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki				
Jumlah Skor					

c. Sikap Disiplin

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

2. Penilaian Pengetahuan

1. Sistem peredaran darah pada mamalia termasuk peredaran darah
   a. Terbuka
   b. Tertutup
   c. Ganda
   d. Bukan salah satu diatas

2. Warna merah cerah pada darah manusia disebabkan oleh ....

   a. reaksi antara O2 dengan hemoglobin
   b. leukosit yang mengandung hemoglobin
   c. plasma yang mengandung hemoglobin
   d. eritrosit yang mengandung hemoglobin
   e. reaksi antara CO2 dan hemoglobin

3. Setelah mengalami proses pencernaan, sari makanan siap untuk diserap dan dibawa ke seluruh tubuh oleh darah. Bagian darah yang berperan dalam pengangkutan adalah ....

   a. Plasma
   b. Eritrosit
   c. Leukosit
   d. Trombosit
   e. limfosit

4. Komponen yang tidak termasuk plasma adalah ....

   a. Air
   b. Fibrinogen
   c. Trombosit
   d. Globulin
   e. albumin

5. Hal yang dapat memicu penghentian pendarahan darah adalah ….

   a. trombosit dan faktor-faktor lainnya pada plasma menyentuh permukaan yang kasar
   b. diproduksinya enzim trombin (trombokinase)
   c. diubahnya fibrinogen menjadi fibrin
   d. diubahnya fibrin menjadi fibrinogen
   e. aliran darah yang cepat melewati kapiler

6. Pernyataan yang benar tentang macam sel darah putih dengan peranannya adalah….

   a. eosinofil memakan antigen dan mengontrol respon kebal
   b. neutrofil mengenali antigen dan menghasilkan antibodi
   c. basofil menembus pembuluh darah dan mengontrol respon kebal
   d. monosit memproduksi antibodi dan menembus pembuluh darah
   e. limfosit mengontrol respon kebal dan menghasilkan antibodi

7. Komponen pada darah yang memiliki jumlah paling banyak adalah ….

   a. Eritrosit
   b. Leukosit
   c. plasma darah
   d. trombosit
   e. keping darah

8. Penyebab aliran darah mengalir adalah …

   a. kontraksi atrium kanan
   b. kontraksi ventrikel kanan
   c. kontraksi atrium kiri
   d. kontraksi ventrikel kiri
   e. kontraksi ventrikel kiri dan kanan secara bersamaan

9. Berikut yang bukan merupakan fungsi sistem sirkulasi pada vertebrata adalah ....

   a. transpor nutrisi, oksigen, dan karbon dioksida
   b. pengaturan suhu tubuh
   c. melindungi tubuh dengan cara mengedarkan antibodi
   d. mengeluarkan sisa-sisa metabolisme untuk dikeluarkan dari tubuh
   e. melindungi kehilangan darah dengan mekanisme pembekuan darah

10. Jantung katak terdiri atas ....

   a. tiga atrium
   b. dua ventrikel, satu atrium
   c. satu ventrikel, satu atrium
   d. satu ventrikel, dua atrium
   e. dua ventrikel, dua atrium

3. Penilaian Ketrampilan

1. Lakukan pengukuran frekuensi denyut nadi dan tekanan darah anda

   Lakukan pengukuran frekuensi denyut nadi dan tekanan darah dengan tanda "√" pada kolom "YA" jika jawaban sesuai, dan kolom "TIDAK" jika jawaban tidak sesuai dengan kriteria keberhasilan di bawah ini.

Kompetensi	Kinerja	Indikator Keberhasilan	Ya	Tidak
Melakukan pengukuran frekuensi denyut nadi	Pengukuran frekuensi dapat dilakukan dengan benar	• Alat dan bahan dipesiapkan dengan benar • Alat dipasang dengan benar • Pengamatan dilakukan dengan cara yang benar • Pengamatan dilakukan secara sistematis • Hasil ditunjukkan dengan benar		

2. Jelaskan yang dimaksud dengan sistol dan diastol? Bagaimana pengaruhnya terhadap denyut nadi?

3. Jelaskan fungsi dari sistem peredaran darah?

III. PENUTUP

Dalam mencapai tujuan instruksional yang sesuai dengan harapan maka disamping penguasaan materi perlu juga ditunjang dengan keterampilan (skill) yang sejalan dengan tujuan yang hendak dicapai. Agar lebih terarah dengan baik dalam proses pembelajaran, prosedur kerja maupun dalam penilaian maka buku teks bahan ajar siswa ini sangat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai pedoman baik untuk siswa maupun guru/pembimbing. Buku teks bahan ajar siswa ini disusun secara sistematik dan memuat tentang judul kompetensi dasar, tujuan yang hendak dicapai, uraian materi, alat dan jenis bahan yang digunakan, prosedur kerja, dan daftar bacaan.

Demikian buku teks bahan ajar siswa ini kami buat, semoga dapat bermanfaat. Kami menyadari buku teks bahan ajar ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun untuk merevisi buku ini. Kami berharap buku ini dapat memberikan data pengetahuan tentang fisiologi hewan bagi siswa, guru SMK khususnya Kompetensi Keahlian Kesehatan Hewan dan orang yang berminat pada bidang peternakan. Selamat membaca dan berkarya di dunia peternakan.

DAFTAR PUSTAKA

Campbell, Neil A., Reece Jane B, .Mitchell , G Lawrence.2004. Biologi jilid 3. PT Erlangga. Surabaya.

Fransond, R.D., Anotomi dan Fisiologi Ternak. Edisi ke empat.1992. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Isnaeni, Wiwi. 2006. Fisiologi Hewan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Sonjaya , Herry. 2013 . Dasar Fisiologi Ternak. IPB Press Kampus IPB Taman Kencana, Bogor.

http://smabiologi.blogspot.com/2013/09